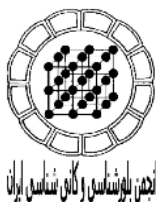
مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

مقاله پژوهشی



سال بیست و نهم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۴۰۰، از صفحهٔ ۲۸۹ تا ۳۰۲

همبرزایی عنصری و تعیین جایگاه سطح فرسایش نسبت به سطح کانی سازی بر اساس هاله های رو و زیر کانساری در اسکارن مس گودال، شمال اهر، شمال غرب ایران

بهاءالدین نخجوانی*، علی اصغر کلاگری، سید غفور علوی، کمال سیاه چشم

گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز ، تبریز، ایران

(دریافت مقاله: ۹۹/۲/۱۷، نسخه نهایی: ۹۹/۶/۵)

چکیده: کانسار اسکارنی مس گودال در کرانه شمال شرقی توده باتولیتی شیورداغ، در شمال اهر، استان آذربایجان شرقی واقع است. توده نفوذی شیورداغ بخشی از کمربند ماگمایی البرز- آذربایجان- قفقاز کوچک بوده که به نوبه خود وابسته با قوس ماگمایی اقیانوس مزوتتیس است. در مرز این توده آذرینی با واحد آهکی- آهک مارنی، کانه زایی اسکارنی مس- آهن- مولیبدن (کالکوپیریت، پیریت، مولیبدنیت، مگنتیت و اسپیکولاریت) بیشتر در پهنه اگزو- اسکارن رخ داده است. همچنین، کانی‌های برونزاد مس- آهن (مالاکیت، آزوریت و هیدروکسیدهای آهن) جانشین مجموعه کانیایی اسکارنی درونزاد شده است. بر پایه بررسی‌های آماری انجام شده بر یافته‌های مغزه‌های حفاری، عنصر مس دارای همبستگی بسیار خوب با نقره و همبستگی خوب با طلا و نیکل است و این عناصر همبرزایی عنصری در توده کانسنگی گودال بشمار می‌آیند. همچنین، بررسی هاله‌های زمین شیمیایی ضربی عناصر رو کانساری (Pb×Zn×Sb) و زیر کانساری (Cu×Ag×Ni) نشان دهنده هاله‌های بزرگتر و چشمگیرتر عناصر رو کانساری در افق‌های سطحی است و هاله‌های بزرگتر عناصر زیر کانساری در افق‌های پایینی توده کانسنگی دیده می‌شوند. بر این اساس، عملکرد فرسایش در جنوب غربی کانسار موجب قرارگیری توده کانسنگی در سطح کنونی شده است و به سمت شمال شرق، توده کانساری شواهد کانی‌سازی پنهانی را نشان می‌دهد. از سوی دیگر، با توجه به مقادیر کمینه و بیشینه شاخص‌های منطقه بندی زمین شیمیایی (۲۷- ۰٫۰۰۱۶) در سطح کنونی و ترازهای ارتفاعی دهانه گمانه‌ها، توده کانساری دارای شیبی به سمت شمال شرق است.

واژه‌های کلیدی: *اسکارن مس؛ عناصر رو و زیر کانساری؛ هاله زمین‌شیمیایی؛ شاخص منطقه‌بندی؛ گودال؛ شیورداغ.*

مقدمه

کانسار اسکارنی گودال در ۲۵ کیلومتری شمال اهر، در استان آذربایجان‌شرقی و در لبه شمال شرقی توده باتولیتی شیورداغ واقع است. تماس این توده باتولیتی با واحد آهکی- آهک مارنی به سن کرتاسه پسین و واحد آتشفشانی- آذر آواری به سن ائوسن پسین موجب رخداد کانه‌زایی اسکارنی و پورفیری در این واحدها شده است. از کانه‌زایی‌های اسکارنی تشکیل شده در لبه این توده نفوذی، از شرق به غرب می‌توان به کانسار گودال [۲،۱]، معدن مزرعه [۴،۳]، کانسار جوانشیخ [۵]، کانسار زند آباد [۷،۶]، کانسار جویبند [۸]، معدن انجرد [۹] و از کانه‌زایی های پورفیری می‌توان به کانسار چوپانلر [۱۰] در شرق و معدن علی جواد [۱۱] در جنوب غرب توده نفوذی اشاره نمود. نخستین پژوهش زمین‌شناسی و اکتشافی در کانسار اسکارنی گودال توسط شرکت B.R.G.M فرانسه و در قالب بررسی زمین‌فیزیکی و حفر گمانه‌های اکتشافی [۱۲] بوده و پس از آن چند گزارش علمی- پژوهشی در قالب پایان‌نامه و مقاله منتشر شده است که همه، تاکید بر رخداد کانه‌زایی آهن به صورت مگنتیت- اسپیکولاریت و نبود کانه‌زایی اقتصادی و قابل توجه مس در این کانسار دارند. بر اساس بررسی‌های زمین‌فیزیکی و حفر گمانه‌های اکتشافی اخیر، کانه‌زایی قابل توجهی از عنصر مس در این کانسار به اثبات رسیده است. از اینرو در پژوهش حاضر ضمن معرفی این کانسار بعنوان کانسار اقتصادی مس،

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۱۱۶۸۲۴۵، نمابر: ۰۴۱۳۳۳۱۱۳۱۸، پست الکترونیکی: bahaedin1359@gmail.com

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]

[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]

[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]

عنصر پاراژنز و زونبندی عنصری، بررسی میزان فرسایش کانسار و موقعیت فضایی توده کانساری بررسی شده است.

روش بررسی

در این پژوهش، نخست پس از پیمایش صحرایی و تهیه نقشه زمین شناسی، مغزه های حفاری بررسی و مقاطع نازک و صیقلی تهیه و مطالعه شدند. در مرحله بعد نمونه‌های ۲ متری از مغزه‌های ۶ حلقه گمانه اکتشافی برداشت شده و برای تعیین مقدار عناصر اصلی، فرعی و جزئی تشکیل‌دهنده سنگ به روش طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) و طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) در آزمایشگاه کانی ALS ایرلند، تجزیه گردیدند. سپس بر پایه نتایج آزمایش‌های شیمیایی، غلظت میانگین عناصر مهم و کانه‌ساز در افق‌های ۱۰ متری پهنه اگزو اسکارن محاسبه و بررسی‌های آماری از جمله تعیین ضریب همبستگی و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای با نرم افزار SPSS انجام شد. سرانجام پس از تعیین عناصر رو کانساری و زیر کانساری و محاسبه هاله‌های مرکب ضربی این عناصر و شاخص منطقه‌بندی، سطح فرسایش کنونی نسبت به توده کانساری تعیین گردید (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱ مقادیر کمی برخی عناصر مهم تجزیه شده به روش ICP-MS و طلا به روش AAS بصورت افق‌های ۱۰ متری.

نمونه	Au	Ag	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	Sb	W	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	٪	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
BH ۱-۱۰	<۰/۰۱	۵/۴۴	۳۵/۵	۱۸۰	۴/۳۸	۰/۱۸	۱۱/۱	۴۰۱۸	۱۹/۸	۲/۹۶	۳۳	۱۸/۱	۹/۳	۱۳۵	۱۴۲
BH ۱-۲۰	۰/۰۸	۱/۰۱	۶۹/۶	۲۰۳	۲/۱۶	۰/۳۷	۱۱/۲	۹۷۹	۹/۱	۱/۳۹	۲۹/۳	۸/۲	۱۰/۸	۲۴/۵	۷۸
BH ۱-۳۰	<۰/۰۱	۰/۳۵	۳۴/۲	۱۰۵	۱/۱۴	۰/۲	۱۴/۹	۱۴۵	۳/۵	۰/۷۴	۲۵/۹	۹/۶	۲/۷	۴/۷	۸۹
BH ۱-۴۰	<۰/۰۱	۱/۳۹	۵۰/۵	۱۲۰	۱۵/۴۵	۰/۳۶	۹/۱	۱۱۸۲	۶/۴	۱/۹۷	۲۱/۱	۱۶	۳/۴	۱۷/۶	۱۰۱
BH ۱-۵۰	<۰/۰۱	۱/۶۸	۱۱۷/۳	۳۰۵	۱۰/۶۹	۰/۱	۷	۱۰۶۳	۱۱/۲	۰/۴۸	۲۵	۲/۷	۱۱/۵	۸۸/۶	۵۱
BH ۱-۶۰	۰/۰۲	۱/۴۷	۱۴۳/۵	۲۳۰	۱۲/۰۸	۰/۰۹	۹/۱	۱۸۶۹	۱۱	۲/۴۶	۲۸/۷	۳/۷	۴/۵	۹۶	۴۴
BH ۱-۷۰	۰/۰۲	۱/۱۵	۱۸۰/۲	۱۹۵	۶/۸۸	۰/۰۸	۹/۷	۱۰۵۲	۱۱/۸	۱/۶۶	۲۳/۴	۶	۲/۷	۸۶/۷	۴۳
BH ۱-۸۰	۰/۰۴	۶/۳۴	۲۴۲/۳	۲۵۴	۵۵/۶۶	۰/۱۹	۱۰/۷	۴۷۷۴	۱۲	۰/۹۸	۲۱/۳	۱۶/۵	۴/۹	۱۲۹/۷	۵۷
BH ۱-۹۰	۰/۰۵	۱/۸۸	۳۲۵/۳	۱۱۹	۱۸/۱۷	۰/۱۱	۷/۳	۱۶۸۶	۱۳/۵	۰/۹۳	۱۷/۴	۷/۲	۴/۶	۲۴۴/۹	۳۷
BH ۱-۱۰۰	<۰/۰۱	۰/۵۲	۲۴۱/۸	۱۵۵	۴/۰۷	۰/۰۴	۷/۸	۴۹۳	۱۴/۶	۳/۵۹	۱۹/۸	۳/۱	۲/۶	۲۰۶	۴۲
BH ۱-۱۱۰	<۰/۰۱	۰/۱۹	۹۴/۷	۱۹۵	۳/۹۵	۰/۰۶	۹/۳	۱۹۶	۱۴	۵/۴۷	۳۰/۹	۳/۶	۴/۸	۱۲۵/۷	۴۶
BH ۱-۱۲۰	۰/۰۴	۱/۲	۱۱۸/۵	۱۴۵	۲/۵۱	۰/۱۲	۸/۴	۱۸۸۲	۱۴/۴	۲/۶۱	۳۶/۸	۹/۹	۵/۱	۱۴۱/۶	۶۵
BH ۱-۱۳۰	۰/۰۵	۳/۶۲	۷۸/۵	۴۰	۳/۹۳	۰/۱۷	۹/۵	۴۵۷۳	۱۵/۸	۳/۶۴	۲۸/۲	۴/۸	۳/۶	۴۸/۸	۴۵
BH ۱-۱۴۰	۰/۱۷	۱۰/۳۷	۳۱۷/۶	۱۲	۴/۸۹	۰/۳۲	۱۲/۲	۱۳۸۰۸	۱۵/۳	۳۰/۰۳	۵۹/۹	۴	۱۲/۷	۲۲۹/۸	۵۴
BH ۱-۱۵۰	۰/۸۴	۱۲/۸۴	۱۰۸/۵	۳	۷/۳۸	۰/۲۳	۱۲/۳	۱۹۲۴۰	۱۵/۳	۲۷/۰۹	۸۶/۲	۳/۱	۲/۹	۱۰۸/۹	۴۴
BH ۱-۱۶۰	۰/۱	۱۱/۹۶	۳۳/۳	۱۳	۳/۱۸	۰/۰۹	۵/۱	۵۸۱۷	۷/۱	۴/۲۴	۵۰/۶	۸/۵	۲/۹	۳۴/۸	۲۴
BH ۱-۱۷۰	۰/۱۴	۱۱/۶۲	۷۶/۴	۲۶	۱۲/۹۸	۰/۱۱	۱۰/۱	۱۱۰۸۲	۱۵/۱	۸۳/۷۴	۷۸/۶	۴/۱	۳/۳	۹۵/۷	۳۱
BH ۱-۱۸۰	<۰/۰۱	۱/۶۳	۴۵/۹	۶۰	۴/۰۸	۰/۰۵	۱۸/۹	۹۱۴	۱۵	۲۰/۵۴	۲۹/۷	۸/۱	۷/۲	۶۴/۷	۳۳
BH ۱-۱۹۰	<۰/۰۱	۱/۲۸	۴۰	۵۱	۵/۵۲	۰/۰۴	۱۹/۷	۷۲۶	۱۵/۴	۱۶/۱۵	۲۸/۲	۶/۹	۵/۹	۵۵/۸	۳۱
BH۲-۱۰	۰/۰۷	۶/۲۳	۶۰/۷	۱۲۸	۴۵/۳۸	۰/۲۲	۱۱/۷	۶۳۱۴	۱۸/۱	۱/۵۵	۲۸/۸	۱۴/۷	۱۲/۴	۱۲۱/۵	۶۵
BH۲-۲۰	<۰/۰۱	۲/۳	۶۶/۹	۱۰۶	۵/۰۳	۰/۶۴	۱۱/۹	۲۲۲۴	۸/۱	۱/۴۹	۳۳/۷	۱۵/۷	۵/۸	۳۳/۷	۲۰۵
BH۲-۳۰	<۰/۰۱	۳/۷۵	۶۸/۲	۲۸۷	۲/۲۵	۰/۳۵	۱۰/۹	۳۴۸۴	۱۰/۵	۱/۱	۳۴/۸	۹/۸	۵/۷	۳۷/۴	۱۳۶
BH۲-۴۰	۰/۰۲	۴/۰۴	۶۵/۴	۴۶۴	۲/۴۵	۰/۱۶	۱۰/۹	۳۸۱۵	۱۱/۴	۱/۶۱	۳۷	۵/۴	۶/۹	۴۸/۳	۶۷
BH۲-۵۰	۰/۰۲	۳/۶۴	۷۱/۶	۲۲۶	۳/۱۶	۰/۱۸	۱۶	۴۳۴۸	۱۴/۱	۵/۷۱	۳۴/۳	۶	۷/۱	۶۶/۷	۶۴
BH۲-۶۰	۰/۲۲	۵/۹	۴۷/۶	۱۲۱	۲/۸۲	۰/۱۹	۱۶/۳	۵۸۷۷	۱۳	۲۹/۹۸	۴۲/۹	۵/۳	۶/۶	۵۴/۹	۶۳
BH۲-۷۰	۰/۰۸	۳/۲۷	۴۵/۵	۲۵۳	۱/۸۵	۰/۲۳	۱۴/۶	۳۴۹۵	۱۰/۶	۱۷/۲۹	۳۶/۷	۵/۱	۸/۷	۴۰/۱	۷۸
BH۲-۸۰	۰/۰۹	۴/۵۸	۴۶/۷	۳۰	۱/۷۶	۰/۱۶	۱۷/۷	۴۰۰۶	۱۲/۳	۳۹/۵۹	۳۳/۶	۴/۲	۴	۷۲/۷	۵۶
BH۲-۹۰	۰/۱۴	۳/۸۳	۵۵/۱	۱۰۶	۵/۳۷	۰/۱۵	۲۰/۹	۴۰۴۴	۱۱/۳	۷/۷۷	۴۴/۹	۵/۶	۹/۵	۳۲/۵	۵۲
BH۲-۱۰۰	۰/۱۴	۴	۱۹۰/۸	۳۸	۵/۱۹	۰/۱۵	۱۸/۱	۵۱۸۸	۱۳/۲	۰/۹۶	۶۹/۸	۴/۴	۱۵/۷	۸۵/۵	۴۶
BH۲-۱۱۰	۰/۴	۹/۰۶	۱۷۶/۳	۱۹۸	۶/۷۷	۰/۲۷	۳۲/۸	۱۱۷۰۰	۱۴/۲	۱/۳۲	۱۰۱/۸	۴/۳	۱۰/۲	۱۲۱/۲	۷۶
BH۲-۱۲۰	۰/۴۵	۶/۸۶	۸۷/۷	۱۶۸	۸/۴۶	۰/۱۸	۱۷/۹	۹۷۰۶	۱۴/۷	۰/۸	۶۷	۴/۱	۶/۹	۸۷/۳	۵۵
BH۲-۱۳۰	۱/۱۷	۱۰/۹۱	۹۳/۲	۹۴	۱۶/۴۱	۰/۲۴	۲۰	۱۶۶۹۰	۱۳/۴	۳/۱۹	۱۰۷/۲	۳/۷	۳/۳	۸۷/۸	۶۵
BH۲-۱۴۰	۰/۲۸	۵/۵۶	۱۰۹/۳	۲۰۲	۴/۷	۰/۲۲	۱۳/۲	۶۶۱۴	۱۲/۸	۵/۱۶	۶۲/۵	۸/۶	۵/۸	۶۷/۶	۶۶
BH۲-۱۵۰	۰/۱۱	۱/۹۶	۱۴۰/۴	۱۸۲	۲۰/۸۶	۰/۰۹	۷/۹	۲۵۹۰	۱۲/۷	۱۱/۲۱	۳۵/۸	۶	۲/۷	۱۳۴/۱	۵۰
BH۲-۱۶۰	۰/۲۷	۶/۳	۱۰۱/۷	۱۷۳	۲۴/۲۸	۰/۱۱	۱۲/۹	۴۰۴۴	۱۳/۴	۲۶/۳۱	۳۶/۶	۹/۹	۴/۲	۱۵۶/۲	۵۵
BH۳-۱۰	۰/۰۲	۰/۹۷	۷۴/۳	۳۷۴	۸/۹۶	۰/۵۴	۱۷/۶	۶۶۰	۱۰/۲	۰/۹	۴۰/۲	۱۲/۷	۱۲/۴	۲۶/۱	۱۹۷
BH۳-۲۰	۰/۰۵	۱/۴۴	۳۰/۳	۲۳۶	۴/۸۷	۱/۴۳	۱۲/۱	۱۵۵۷	۶/۱	۱/۳۶	۳۱/۱	۱۸/۸	۶/۴	۱۵/۹	۴۳۵
BH۳-۳۰	۰/۰۷	۲/۴۶	۱۰۴/۳	۳۴۲	۴/۴۲	۰/۱۸	۱۳/۲	۳۰۷۴	۱۵	۴/۳	۲۷/۳	۷/۳	۹	۹۱/۱	۸۸
BH۳-۴۰	۰/۱۱	۸/۹۲	۹۶/۹	۳۲۷	۳/۸	۸/۰۹	۱۵/۷	۶۵۱۸	۱۳/۲	۴/۹۸	۳۷/۹	۵۶۴	۲۳/۹	۸۰/۵	۵۲۸
BH۳-۵۰	۰/۰۹	۱۵/۵۱	۹۴	۱۹۱	۱۷/۷۲	۱۲/۱۳	۲۰/۴	۴۲۱۶	۸/۷	۱۰/۸۴	۳۸	۱۱۵/۲	۲۴/۲	۴۳/۷	۴۳۸
BH۳-۶۰	۰/۰۳	۲/۱۱	۱۱۰/۱	۳۳۳	۲/۷۷	۰/۶۳	۳۷/۶	۲۱۸۰	۱۱/۷	۲۹/۴۵	۳۴/۱	۷/۹	۴	۶۲/۵	۱۲۱
BH۳-۷۰	<۰/۰۱	۰/۴۲	۲۲	۵۹۳	۱/۶۹	۰/۲	۱۱/۶	۱۵۶	۳	۱/۱۲	۲۱/۱	۱۱/۳	۲/۵	۴/۳	۷۴
BH۳-۸۰	۰/۰۶	۴/۴۱	۱۰۱/۸	۶۶۴	۱/۹۲	۰/۲۹	۲۶/۵	۳۹۶۰	۹/۶	۱۳/۹	۴۷/۷	۳۸/۹	۶/۱	۴۸/۴	۹۰
BH۳-۹۰	۰/۰۷	۴/۵۶	۱۰۶/۲	۲۵۴	۴/۱۸	۰/۱۷	۱۷/۸	۵۷۰۴	۱۱/۲	۳/۸۲	۴۴/۴	۵/۳	۱۱/۲	۷۲/۹	۵۰
BH۳-۱۰۰	۰/۰۲	۱/۸۸	۱۰۲	۱۴۶	۸/۳۲	۰/۰۸	۱۲/۱	۲۱۶۴	۱۲/۸	۱/۱	۲۸/۴	۸/۳	۱۷/۳	۷۷/۶	۵۵
BH۳-۱۱۰	۰/۱۴	۷/۲۶	۱۴۲/۵	۱۳۴	۱۱/۱۸	۰/۲۳	۲۰/۲	۱۲۷۹۴	۱۳/۹	۰/۹	۹۸/۲	۲۷/۲	۱۱/۶	۱۱۶/۵	۶۶
BH۳-۱۲۰	۰/۳۹	۹/۵۱	۹۱/۹	۱۴۰	۱۵/۳۹	۰/۱۷	۱۳/۶	۱۱۷۸۶	۱۳/۷	۱/۸۳	۵۶/۲	۶/۱	۷/۶	۷۱/۸	۴۷
BH۳-۱۳۰	۰/۴۲	۱۱/۰۶	۸۴/۷	۱۲۳	۱۱/۲۹	۰/۲۱	۱۵/۵	۱۰۷۵۵	۱۱/۸	۴/۷۷	۵۳/۶	۱۲/۷	۱۷/۹	۴۶/۹	۵۹
BH۳-۱۴۰	۰/۰۷	۱/۳۷	۱۱۸/۵	۲۲۷	۵/۰۷	۰/۰۶	۸/۳	۳۴۲۰	۱۲	۴۴/۸۳	۳۶/۷	۵	۴/۱	۱۰۸/۱	۳۹
BH۳-۱۵۰	۰/۰۸	۲/۰۹	۱۳۷/۷	۱۲۷	۲/۴۷	۰/۰۵	۹/۲	۴۱۷۰	۱۲/۹	۳۵/۰۹	۳۴/۸	۳/۸	۳/۱	۱۰۶/۹	۳۳
BH۳-۱۶۰	۰/۱۹	۵/۶۷	۱۲۴/۳	۱۲۶	۱۶/۵۷	۰/۰۸	۸/۷	۴۴۹۲	۱۲/۷	۳۸/۵۷	۳۱/۸	۱۰	۷/۱	۱۵۲/۷	۴۳
BH۳-۱۷۰	۰/۲۲	۸/۶۸	۷۷	۲۳۶	۸/۶۱	۰/۰۷	۱۲/۴	۷۱۴۰	۱۲/۱	۱۱۷/۲	۴۴/۸	۴/۷	۳/۲	۱۰۹/۸	۴۵
BH۳-۱۸۰	۰/۱۹	۳/۶۶	۵۱/۵	۳۱۱	۸/۹۵	۰/۱۱	۱۱/۵	۴۴۶۰	۱۱/۳	۱۱۲/۷	۲۷	۱۲/۱	۳.۶	۹۱/۱	۶۱
BH۴-۱۰	۰/۱۵	۶/۱۳	۱۵۶/۷	۱۹۵	۳/۴	۰/۲۵	۱۴/۸	۴۵۰۵	۱۳/۱	۵/۲۷	۴۴/۹	۶/۷	۴/۵	۱۴۸	۶۷
BH۴-۲۰	۰/۰۵	۵/۰۱	۱۹۰/۸	۱۷۰	۳/۵	۱/۸	۱۲/۳	۴۶۱۶	۱۳/۶	۵/۰۶	۴۱/۵	۹	۵/۴	۱۳۶/۸	۱۳۰

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]
[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]
[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]

جدول ۲ مقادیر کمی برخی عناصر مهم بررسی شده به روش ICP-MS و طلا به روش AAS بصورت افق‌های ۱۰ متری.

نمونه	Au	Ag	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	Sb	W	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	٪	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
BH ۴-۳۰	۰٫۰۲	۱٫۳۸	۱۰۲٫۲	۳۵۵	۴٫۹	۰٫۲۷	۱۳٫۰	۱۴۸۳	۱۰٫۵	۲٫۴۴	۴۶٫۹	۶٫۸	۴٫۶	۷۵٫۸	۱۳۶
BH ۴-۴۰	۰٫۰۵	۱٫۴۴	۱۱۱٫۶	۳۲۵	۲٫۳	۰٫۳۹	۱۰٫۶	۱۸۴۳	۱۱٫۰	۳۲٫۷	۴۱٫۸	۴٫۴	۲٫۵	۱۱۵٫۸	۶۶
BH ۴-۵۰	<۰٫۰۱	۰٫۶۲	۴۹	۱۶۳	۲٫۴	۰٫۱۸	۱۹٫۳	۸۹۶	۹٫۷	۳۹٫۹	۴۳٫۸	۳٫۷	۳٫۲	۴۷٫۲	۸۳
BH ۴-۶۰	<۰٫۰۱	۲٫۱۳	۶۷٫۱	۱۸۸	۱٫۸	۰٫۱۵	۲۰٫۷	۲۱۲۶	۱۰٫۱	۱۵	۳۸٫۶	۶٫۸	۷٫۴	۷۲٫۱	۸۴
BH ۴-۷۰	۰٫۰۳	۳٫۷۲	۱۱۰٫۷	۱۵۰	۱٫۵	۰٫۳۱	۱۶٫۸	۳۸۲۴	۱۲٫۳	۳۵	۴۷٫۲	۶٫۸	۴٫۶	۱۳۹	۶۹
BH ۴-۸۰	<۰٫۰۱	۰٫۶۲	۱۳۲٫۴	۱۳۵	۰٫۷	۰٫۰۶	۱۱٫۵	۵۱۴	۱۳	۵٫۴	۲۷٫۲	۵	۳٫۳	۱۴۶٫۸	۴۱
BH ۴-۹۰	<۰٫۰۱	۰٫۲۸	۸۸٫۳	۱۰۰	۰٫۴	۰٫۱۹	۸٫۳	۴۹۲	۱۲٫۶	۱۵٫۲	۲۳٫۹	۵	۲٫۷	۱۱۹٫۳	۴۳
BH ۴-۱۰۰	۰٫۰۴	۱٫۵۱	۷۴٫۲	۱۵۰	۳٫۳	۰٫۰۷	۱۲٫۷	۶۶۸	۱۲	۱۰٫۴	۲۷٫۸	۴۲٫۲	۳٫۶	۹۴٫۵	۴۲
BH ۴-۱۱۰	۰٫۰۲	۰٫۴۴	۵۱٫۱	۲۶۰	۳۰٫۷	۰٫۰۵	۱۱٫۸	۵۱۳	۱۰٫۲	۲۴٫۸	۳۷٫۱	۵٫۸	۲٫۵	۶۰٫۶	۳۵
BH ۴-۱۲۰	۰٫۰۵	۳٫۷۵	۴۳٫۱	۷۴	۳٫۵	۰٫۰۷	۱۰٫۵	۱۴۹۶	۱۵٫۳	۲۵۲٫۷	۳۲٫۳	۴٫۱	۱٫۸	۹۱٫۹	۲۷
BH ۴-۱۳۰	۰٫۲۲	۲٫۰۸	۸۵٫۲	۱۸	۶٫۲	۰٫۰۹	۱۱٫۷	۳۰۱۶	۱۵	۶۵۸٫۸	۳۳٫۱	۳٫۷	۲٫۳	۲۶۵٫۹	۲۹
BH ۴-۱۴۰	<۰٫۰۱	۰٫۵۵	۲۴٫۹	۴۰	۴٫۹	٫۰۶	۲۰٫۱	۷۵۸	۱۶٫۴	۱۳٫۲	۱۲	۳٫۵	۱٫۸	۵۰٫۲	۱۷
BH ۴-۱۵۰	۰٫۰۴	۰٫۷۵	۲۰٫۹	۶۲	۲۸	۰٫۰۵	۱۱٫۴	۱۱۳۷	۱۷	۲٫۲	۹	۳٫۱	۲٫۶	۶۳٫۵	۱۵
BH ۴-۱۶۰	۰٫۱۲	۱٫۱	۲۳٫۸	۵۰	۳۹	۰٫۰۶	۸٫۵	۱۳۰۶	۱۵٫۱	۱٫۱	۱۲٫۹	۴٫۳	۱٫۴	۸۳	۲۰
BH ۴-۱۷۰	۰٫۰۷	۰٫۷۱	۲۰	۳۹	۶٫۲	۰٫۰۷	۱۶٫۴	۱۱۵۴	۱۶٫۳	۵	۱۵٫۲	۳٫۱	۱٫۲	۹۴٫۲	۲۲
BH ۴-۱۸۰	۰٫۳	۷٫۹۴	۲۶٫۷	۱۴۴	۲۱٫۸	۰٫۱۳	۲۰٫۲	۳۰۸۶	۱۷٫۳	۱۸٫۴	۱۸	۷٫۵	۲٫۱	۳۱۹٫۳	۴۰
BH ۴-۱۹۰	۰٫۴	۵٫۰۵	۴۲٫۶	۱۰۸	۱۲۳٫۲	۰٫۱۶	۲۰٫۴	۵۳۴۸	۱۹٫۷	۸٫۶۵	۱۱٫۲	۴٫۶	۲٫۶	۲۳۵٫۴	۲۹
BH ۵-۱۰	<۰٫۰۱	۰٫۲۸	۱۹۴٫۳	۵۰۰	۱۲٫۱	۰٫۱۳	۱۲٫۵	۱۱۲	۱۲	۰٫۴۴	۲۸٫۴	۸٫۴	۱۱٫۹	۳۳٫۳	۷۸
BH ۵-۲۰	۰٫۰۳	۰٫۲۶	۲۸۲٫۳	۶۲۳	۹٫۱	۰٫۵۲	۱۵	۱۰۹	۱۳٫۵	۰٫۶۹	۳۵٫۶	۱۰٫۵	۱۳٫۱	۳۴٫۷	۱۰۳
BH ۵-۳۰	۰٫۰۲	۰٫۲۳	۲۳۰	۲۷۳	۸٫۴	۰٫۰۴	۱۱٫۹	۱۷۵	۱۲٫۹	۰٫۴۵	۲۵٫۶	۳٫۹	۹٫۱	۴۹٫۷	۴۴
BH ۵-۴۰	۰٫۰۲	۰٫۸۵	۱۳۲	۲۶۸	۲٫۱	۰٫۰۸	۸٫۴	۱۰۷۲	۱۲	۰٫۴۳	۲۱٫۷	۴٫۴	۱۷	۵۶٫۱	۴۲
BH ۵-۵۰	۰٫۰۳	۰٫۴۹	۱۱۶٫۲	۳۹۲	۴۳٫۴	۰٫۰۵	۲۶٫۱	۴۸۷	۱۰٫۲	۰٫۶	۲۵٫۶	۹٫۵	۱۳٫۵	۲۵٫۴	۸۱
BH ۵-۶۰	۰٫۰۲	۱٫۰۴	۱۰۶٫۳	۲۷۰	۲۲٫۱	۰٫۰۵	۵۳٫۵	۱۱۹۷	۱۲٫۴	۰٫۷۷	۲۳٫۷	۵	۸٫۴	۴۱٫۷	۳۵
BH ۵-۷۰	۰٫۰۴	۰٫۶۱	۹۴٫۶	۲۶۵	۱۴۹٫۱	۰٫۰۴	۵۳٫۴	۳۷۴	۱۱	۰٫۸۹	۲۳٫۹	۵٫۸	۵	۶۱٫۲	۳۵
BH ۵-۸۰	<۰٫۰۱	۰٫۲۹	۱۲۱٫۷	۲۱۰	۴٫۵	۰٫۰۵	۲۸٫۵	۲۳۶	۱۱٫۸	۲٫۳	۱۷٫۷	۳٫۵	۴٫۱	۹۵٫۶	۳۹
BH ۵-۹۰	<۰٫۰۱	۰٫۱۲	۱۸۴٫۲	۲۰۷	۱۵٫۳	۰٫۰۶	۶۲٫۶	۴۸	۱۳٫۱	۱٫۲۳	۲۶٫۸	۳٫۹	۲٫۹	۱۵۸٫۵	۴۰
BH ۵-۱۰۰	<۰٫۰۱	۰٫۱۲	۲۰۲٫۲	۲۲۳	۴٫۱	۰٫۰۸	۲۲٫۵	۹۰	۱۲٫۲	۳	۲۲٫۹	۵	۲٫۳	۱۷۷	۶۰
BH ۵-۱۱۰	<۰٫۰۱	۰٫۲۳	۲۴۹٫۳	۲۴۵	۲٫۷	۰٫۱	۱۳٫۲	۱۷۴	۱۱٫۸	۳۷٫۴	۱۹٫۲	۹٫۵	۱٫۹	۱۷۳٫۳	۴۲
BH ۵-۱۲۰	۰٫۰۴	۱٫۲۶	۱۵۵٫۸	۳۵۷	۲	۰٫۲۱	۱۳٫۹	۱۷۷۱	۱۰٫۵	۳۹٫۸	۲۸٫۱	۵٫۵	۲٫۱	۹۹٫۴	۵۱
BH ۵-۱۳۰	۰٫۰۸	۱	۱۷۲	۱۳۳	۱٫۹	۰٫۱۲	۱۰٫۲	۱۱۸۵	۱۲٫۹	۴٫۳۳	۲۴٫۲	۳٫۵	۲٫۲	۱۳۶٫۲	۴۲
BH ۵-۱۴۰	۰٫۱	۱٫۶	۱۶۵٫۵	۸۱	۶٫۷	۰٫۰۷	۱۲٫۶	۱۵۲۰	۱۲٫۵	۱٫۵۶	۱۵٫۸	۳٫۳	۲٫۳	۱۱۴٫۷	۳۶
BH ۵-۱۵۰	۰٫۰۴	۴٫۰۱	۱۰۳٫۴	۵۰	۴٫۳	۰٫۱۴	۷٫۸	۳۳۹۸	۱۱٫۵	۲٫۶۶	۱۹٫۹	۱۵	۴٫۳	۸۲٫۸	۴۶
BH ۵-۱۶۰	۰٫۰۳	۲٫۷	۷۷٫۵	۹۴	۱۰٫۲	۰٫۱۲	۴٫۲	۲۷۱۹	۱۳٫۴	۱٫۳۲	۱۵٫۶	۵٫۲	۱۲	۹۱٫۴	۴۳
BH ۵-۱۷۰	۰٫۱	۹٫۴۸	۱۰۷٫۳	۶۳	۵٫۹	۰٫۳۱	۲۷٫۲	۱۲۱۶۵	۱۵٫۱	۰٫۶۵	۱۳۴٫۲	۲۳٫۹	۳٫۹	۱۱۴٫۷	۷۵
BH ۵-۱۸۰	<۰٫۰۱	۰٫۶۹	۲۳۶٫۸	۱۱۰	۱٫۹	۰٫۰۹	۴٫۷	۶۷۶	۱۴٫۶	۱٫۵۷	۱۹	۸٫۶	۵	۲۴۱٫۷	۴۳
BH ۵-۱۹۰	۰٫۰۵	۳٫۷۹	۹۴٫۹	۵۹	۲٫۴	۰٫۱۳	۴٫۸	۴۰۸۲	۱۳٫۳	۰٫۷۲	۳۰٫۵	۱۶٫۹	۵	۱۴۷٫۷	۵۱
BH ۵-۲۰۰	۰٫۴۱	۱۱٫۰۱	۶۹٫۸	۵۸	۵٫۵	۰٫۲۴	۱۶٫۴	۱۳۸۲۵	۱۳٫۶	۰٫۴۶	۱۳۹٫۵	۱۳	۶٫۸	۱۲۶٫۷	۶۸
BH ۵-۲۱۰	۰٫۷	۱۹٫۲۳	۵۰٫۹	۶۶	۱۲٫۳	۰٫۲۴	۱۱٫۲	۱۲۴۷۲	۱۴٫۹	۰٫۴۳	۱۸۷٫۱	۴	۴٫۷	۴۵٫۶	۵۸
BH ۵-۲۲۰	۰٫۵۲	۲۲.۸۷	۵۰.۳	۷۸	۳۷.۲	۰.۳۴	۹.۳	۱۶۴۲۲	۱۲.۶	۰.۳۴	۹۲.۲	۶.۳	۵.۹	۴۲	۱۰۳
BH ۶-۱۰	<۰٫۰۱	۰٫۱۴	۱۸٫۵	۶۸۵	۱	۰٫۳۶	۱۸٫۸	۷۶	۳٫۳	۲٫۳۹	۱۶٫۸	۱۹٫۵	۲٫۳	۲٫۶	۱۱۳
BH ۶-۲۰	<۰٫۰۱	۰٫۷۷	۱۱۳٫۷	۱۷۳	۳٫۶	۰٫۲۲	۱۴٫۷	۵۱۳	۹٫۷	۴٫۲۶	۳۰٫۲	۹٫۹	۵٫۷	۲۵٫۴	۹۵
BH ۶-۳۰	<۰٫۰۱	۰٫۱۵	۲۲٫۴	۱۷۵	۱٫۱	۱٫۰۴	۱۳	۲۸	۲٫۵	۰٫۸۹	۲۷٫۲	۲۸٫۶	۲٫۴	۱٫۵	۳۴۶
BH ۶-۴۰	۰٫۰۴	۱٫۵۶	۱۲۱٫۳	۹۳	۴۷٫۶	۰٫۱۷	۲۸٫۵	۵۷۶	۱۳٫۹	۱٫۵۹	۲۶٫۴	۸۴٫۵	۱۰٫۳	۳۰	۷۷
BH ۶-۵۰	۰٫۰۳	۱٫۹	۸۲٫۹	۲۲۱	۴۹٫۲	۰٫۱	۲۴٫۲	۲۰۳۶	۱۹٫۷	۲٫۵۶	۲۱٫۶	۱۷٫۵	۱۳٫۲	۶۶٫۵	۸۴
BH ۶-۶۰	<۰٫۰۱	۰٫۳۶	۲۹٫۸	۹۱	۱	۰٫۶۴	۱۴٫۵	۱۶۶	۲٫۳	۰٫۹۵	۲۷	۴۳٫۹	۲٫۹	۳٫۵	۱۹۵
BH ۶-۷۰	<۰٫۰۱	۰٫۰۹	۱۱٫۱	۴۳	۰٫۲	۰٫۳۲	۱۵٫۴	۳۹	۲	۰٫۳	۲۸٫۹	۲۰٫۲	۱٫۴	۱	۶۷
BH ۶-۸۰	۰٫۰۳	۶٫۳۶	۴۴	۳۹	۱۰٫۸	۰٫۱۸	۱۹٫۸	۵۲۲۷	۲۳٫۵	۰٫۴۵	۲۴٫۱	۴۶٫۱	۷٫۵	۵۰	۱۳۴
BH ۶-۹۰	۰٫۰۳	۳٫۳۵	۱۰۴٫۷	۸۶	۱۷٫۵	۰٫۱۴	۱۲٫۴	۲۹۹۲	۲۱٫۴	۲٫۵۹	۲۹٫۹	۹٫۳	۱۰٫۹	۵۵٫۶	۷۵
BH ۶-۱۰۰	۰٫۰۹	۳٫۴۸	۹۹٫۷	۳۴۴	۴٫۳	۰٫۱۷	۳۲٫۲	۴۱۱۰	۱۰٫۹	۳۵٫۲	۴۰٫۷	۷٫۲	۵	۵۲٫۹	۶۷
BH ۶-۱۱۰	۰٫۱	۵٫۹۹	۱۸۸	۱۱۲	۸٫۷	۰٫۱۹	۳۹٫۶	۵۸۷۸	۱۵	۵۰٫۹	۳۱٫۲	۹٫۳	۴٫۲	۱۲۹٫۹	۴۷
BH ۶-۱۲۰	۰٫۱۸	۳٫۸۲	۱۴۸٫۵	۱۹۶	۱۷٫۲	۰٫۱۵	۲۸٫۴	۴۱۳۸	۱۱٫۶	۲۱٫۳	۳۱٫۴	۳٫۵	۳٫۶	۱۰۱٫۶	۴۵
BH ۶-۱۳۰	۰٫۱	۳٫۳۵	۱۳۵٫۵	۱۱۶	۷٫۲	۰٫۲۳	۱۶۰	۴۲۱۹	۱۴	۴۴	۲۶٫۷	۸٫۴	۲٫۴	۸۸٫۵	۶۸
BH ۶-۱۴۰	۰٫۰۴	۳٫۶۹	۱۹۵٫۶	۱۲۰	۱۲٫۵	۰٫۱۵	۱۳۹٫۱	۳۵۹۱	۱۶٫۴	۲۴٫۱	۲۲٫۹	۴٫۵	۲٫۵	۱۳۳٫۵	۴۴

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]
[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]
[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]

[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]

[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]

بحث و بررسی

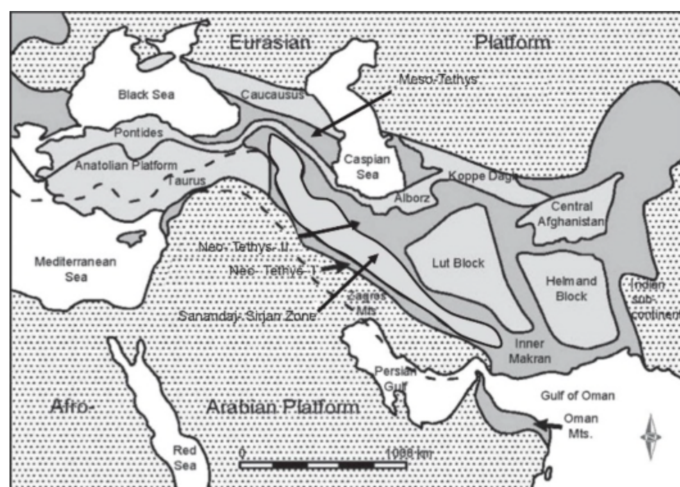
زمین‌شناسی

منطقه مورد بررسی بر اساس تقسیم‌بندی پهنه‌های زمین - ساختی– رسوبی ایران [۱۳]، در پهنه ایران مرکزی و زیرپهنه ماگمایی البرز- آذربایجان واقع است. از سوی دیگر، این منطقه بعنوان بخشی از پهنه فلززایی ارسباران [۱۴] و بدلیل شباهت-های فعالیت ماگمایی، چینه‌شناسی، زمین‌ساخت و کانه‌زایی پهنه ارسباران با پهنه قفقاز کوچک [۱۵-۱۷]، در قسمت میانی کمربند ماگمایی البرز- ارسباران- قفقاز کوچک (A-A-LC) واقع شده است (شکل ۱) فعالیت ماگمایی یاد شده بعنوان قوس ماگمایی اقیانوس مزوتتیس، از ژوراسیک میانی آغاز شده و تا کواترنر ادامه داشته است [۱۸-۲۰].

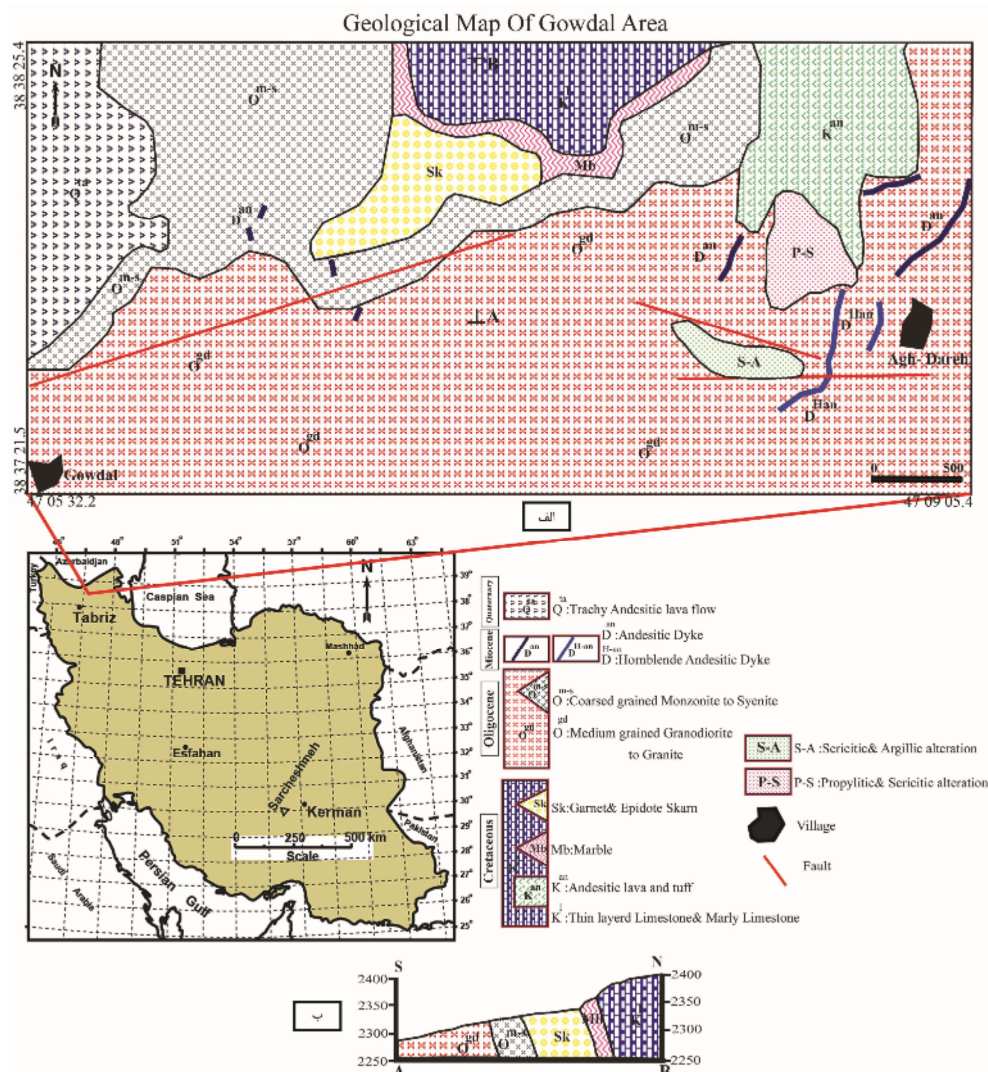
بر اساس پیمایش‌های صحرایی و با توجه به یافته‌های حاصل از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ کلیبر [۲۱] و نتایج سن‌سنجی بلورهای زیرکن به روش ICP-MS سایش لیزری (LA-ICP-MS) [۲۲]، نقشه ۱:۵۰۰۰ زمین‌شناسی تهیه شد. بر این اساس، قدیمی‌ترین واحدهای دیده شده در منطقه گودال شامل آهک - آهک مارنی نازک‌لایه (K^{L})، واحد مرمری (Mb)، واحد اسکارنی (Sk) و واحد گدازه- توف آندزیتی (K^{an}) به سن کرتاسه پسین هستند. واحدهای جوانتر شامل واحد نفوذی گرانودیوریتی- گرانیتی (O^{gd}) به سن الیگوسن پیشین (30.8±2.1 Ma)، واحد مونزونیتی- سینیتی (O^{m-s}) به سن الیگوسن پسین (23.3±0.5 25.1±0.9 Ma) و دایک‌های آندزیتی (D^{an}) و هورنبلند آندزیتی (D^{H-an}) پس از الیگوسن نفوذ کرده به داخل واحدهای قدیمی‌تر هستند. جوانترین واحد رخنمون یافته در این منطقه گدازه تراکی آندزیتی (Q^{ta}) کواترنر است (شکل ۲).

اسکارن زایی- کانی سازی

بر اساس شواهد صحرایی، نتایج سنگ‌نگاری و کانه‌نگاری، آثار گرمایی ناشی از جایگیری و تماس توده نفوذی مونزونیتی- سینیتی با واحد آهکی- آهک مارنی نازک‌لایه موجب دگرگونی هم شیمی سنگ‌های کربناتی و تبدیل آنها به مرمر و هورنفلس با باز تبلورکانی کلسیت و تشکیل گارنت همسانگرد و پیروکسن در مرحله دگرگونی- دگرنهادی دو طرفه شده است. همزمان با تبلور توده نفوذی، سیال‌های گرمابی دربردارنده Mg, Fe, Si، مواد فرار و دیگر یون‌های فلزی برآمده از توده نفوذی از طریق شکستگی‌های ناشی از جایگیری توده نفوذی و فشار سیال‌های گرمابی، به درون مرمر و هورنفلس نفوذ کرده و موجب تشکیل کانی‌های ولاستونیت، گارنت و پیروکسن در مرحله اسکارن دگرنهاده پیشرونده گردیده است. جانشینی گارنت‌های تشکیل شده در مرحله اسکارن پیشرونده و ایجاد جزایری از آن در مگنتیت (شکل ۳ الف) می تواند نشاندهنده تشکیل بخشی از مگنتیت بعنوان تنها کانه‌زایی رخ داده در پایان این مرحله باشد. همزمان با آن، عنصر Ca از واحد دگرگونی وارد توده نفوذی شده و موجب تشکیل درون اسکارن بصورت محلی و با حضور کانی‌های گارنت و پیروکسن در آن گردیده است. در مرحله اسکارن پسرونده آغازین، کاهش تدریجی دمای سامانه گرمابی برآمده از توده نفوذی و آمیختگی آن با آب‌های جوی موجب دگرسانی کانی‌های آهکی- سیلیکاتی بدون آب و تبدیل آنها به اپیدوت و ترمولیت- اکتینولیت بهمراه نهشت کانه‌های اکسیدی مگنتیت و اسپیکولاریت شده است (شکل‌های ۳ ب و پ). پس از آن، با افزایش گریزندگی گوگرد، نخست مولیبدنیت و سپس پیریت و کالکوپیریت بعنوان فازهای نهایی کانه‌زایی بصورت ترسیب مستقیم از سیال گرمابی و همچنین بصورت جانشینی کانه های تشکیل شده قبلی، تشکیل شده‌اند (شکل ۳ ت). در مرحله اسکارن پسرونده تاخیری، کانی‌های آهکی سیلیکاتی بی آب و آب‌دار تشکیل شده پیشین توسط سیال-های دما پایین با گریزندگی به نسبت بالای اکسیژن، دستخوش دگرسانی گردیده و به کلسیت، کوارتز، کلریت و کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. سرانجام با قرارگیری پهنه اسکارنی در سطح زمین و در اثر فرآیندهای برونزاد، بخشی از کانه‌زایی رخ داده درونزاد به مالاکیت، آزوریت، هماتیت ثانویه و هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند.

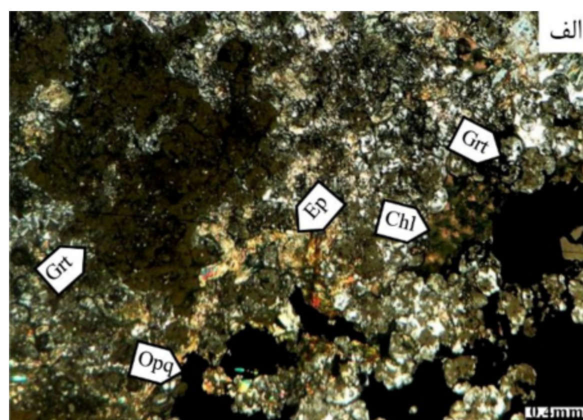


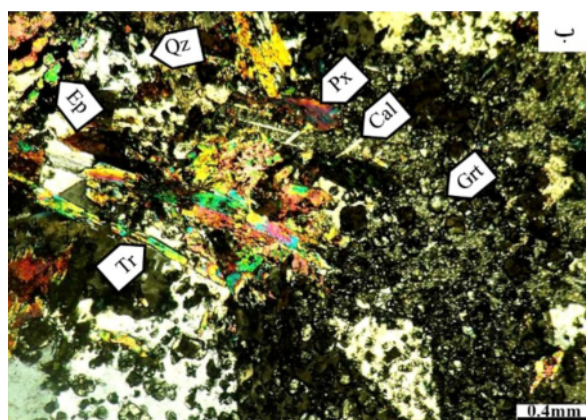
شکل ۱ نقشه زمین‌ساخت صفحه‌ای مزوتتیس و نئوتتیس از ترکیه تا پاکستان. مناطق خاکستری تیره نشاندهنده قطعه‌های افیولیتی، مناطق خاکستری روشن نشانگر جایگاه اقیانوس‌های قدیمی جدا کننده قطعه‌های قاره‌ای و بخش خط چین نشاندهنده مناطق پایا پوسته‌ای هستند. (برگرفته از مرجع [۲۰] با تغییراتی).

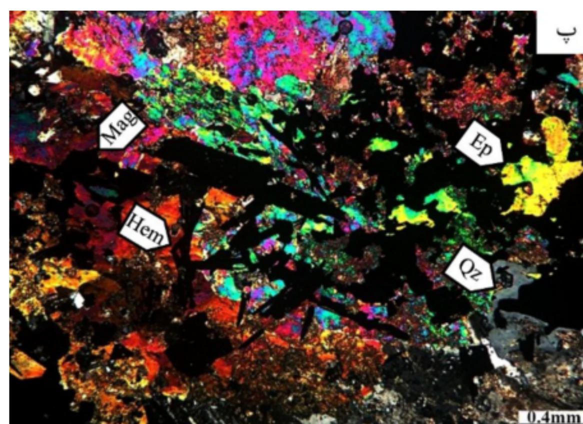


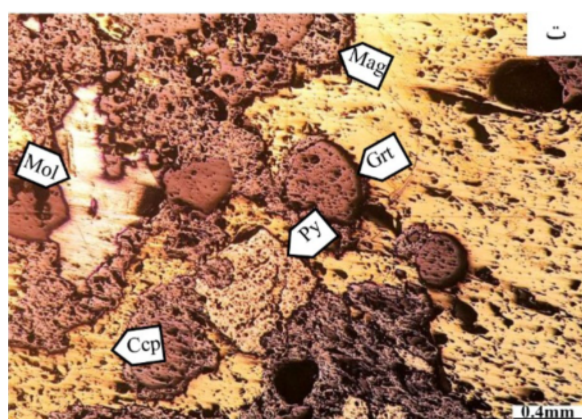
شکل ۲ الف) نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ ساده شده در منطقه گودال و ب) مقطع زمین‌شناسی در راستای A- B.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]
[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]
[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]









شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی از پهنه اسکارنی گودال الف-گارنت های همسانگرد و ناهمسانگرد با منطقه‌بندی قطاعی که گارنت‌های ناهمسانگرد به اپیدوت و کلریت تبدیل شده‌اند. کانی‌های تیره نیز در بین بلورهای گارنت تشکیل شده‌اند و گاهی بقایای گارنت در داخل کانی‌های تیره دیده می‌شود (نور قطبیده متقاطع XPL)، ب- دگرسانی گارنت و پیروکسن به کانی‌های اپیدوت، ترمولیت- اکتینولیت، کلسیت و کوارتز در مرحله اسکارن پسرونده آغازین (نورXPL)، پ- دگرسانی گسترده گارنت به اپیدوت و کانه‌زایی مگنتیت و اسپیکولاریت در مرحله اسکارن پسرونده آغازین (نورXPL) و ت- ترسیب مستقیم مولیبدنیت از سیال گرمابی و جانشینی گسترده مگنتیت و تا حدی پیریت توسط کالکوپیریت (نور قطبیده صفحه‌ای، PPL) نشانه‌های کانی‌ها برگرفته از مرجع [۲۲] است. Grt: گارنت، Px: پیروکسن، Ep: اپیدوت، Chr: کلریت، Tr: ترمولیت، Qz: کوارتز، Cal: کلسیت، Opq: کانی‌های تیره، Mag: مگنتیت، Py: پیریت، Ccp: کالکوپیریت، Hem: هماتیت، Mol: مولیبدنیت).

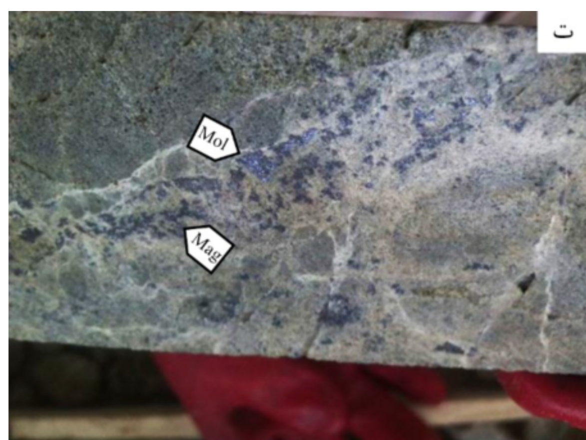
بررسی‌های ماکروسکوپی عمقی نشانگر فراوانی کانه‌های اکسیدی آهن (مگنتیت- اسپیکولاریت) در سطوح بالایی است که بطرف مرز تماس توده نفوذی، از میزان کانه‌زایی اکسیدی کاسته شده و مقدار کانه‌های سولفیدی (پیریت- کالکوپیریت- مولیبدنیت) افزایش می‌یابد. بر اساس این بررسی‌ها، کانه‌زایی مگنتیتی- اسپیکولاریتی در افق‌های عمقی بصورت رگه-رگچه‌ای (با ضخامت چند میلی متر تا چند ده میلی متر) و گاهی انباشتی و افشان بوده که در بین درزه‌ها و شکستگی‌های اولیه و ثانویه و فضاهای خالی بین بلورهای گارنت رخ داده است (شکل ۴ الف) در اعماق نزدیک سطحی، ضخامت و تراکم رگه-رگچه‌ای مگنتیتی- اسپیکولاریتی افزایش یافته و کانه‌زایی به صورت توده‌ای دیده می‌شود (شکل ۴ ب). کانه‌زایی مس نیز در افق‌های عمقی بیشتر به صورت رگچه‌ای، داربستی، افشان و لکه‌ای (انباشتی) بوده (شکل ۴ پ) و کالکوپیریت مهمترین کانی سولفیدی مس در این پهنه‌هاست. در بخش‌های بالایی کانسار، کانه‌زایی مس بیشتر بصورت رگچه‌ای و افشان است که در اثر فرآیندهای برونزاد، بخشی از کانه‌های سولفیدی مس به مالاکیت و آزوریت تبدیل شده‌اند. بر اساس این بررسی‌ها، کانه‌زایی مولیبدنیت در نزدیکی مرز توده نفوذی به صورت رگچه‌ای و افشان در همراهی با کانه‌های اکسیدی آهن و سولفیدی مس رخ داده است (شکل ۴ ت).

[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289] [DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2] [Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]









شکل ۴ تصاویر مزوسکوپی و صحرایی از پهنه‌های کانه‌زایی اسکارنی. الف- کانه‌زایی مگنتیت و اسپیکولاریت در پهنه گارنت- اپیدوت اسکارن در افق‌های عمقی اسکارن، ب- کانه‌زایی توده‌ای مگنتیت و اسپیکولاریت در افق سطحی اسکارن، پ- کانه‌زایی غالب سولفیدی پیریت و کالکوپیریت بهمراه مقادیر کمتر مگنتیت در افق‌های عمقی و ت- کانه‌زایی مولیبدنیت بصورت رگچه‌ای، انباشتی و افشان بهمراه مگنتیت در افق‌های عمقی اسکارن.

بررسی‌های آماری

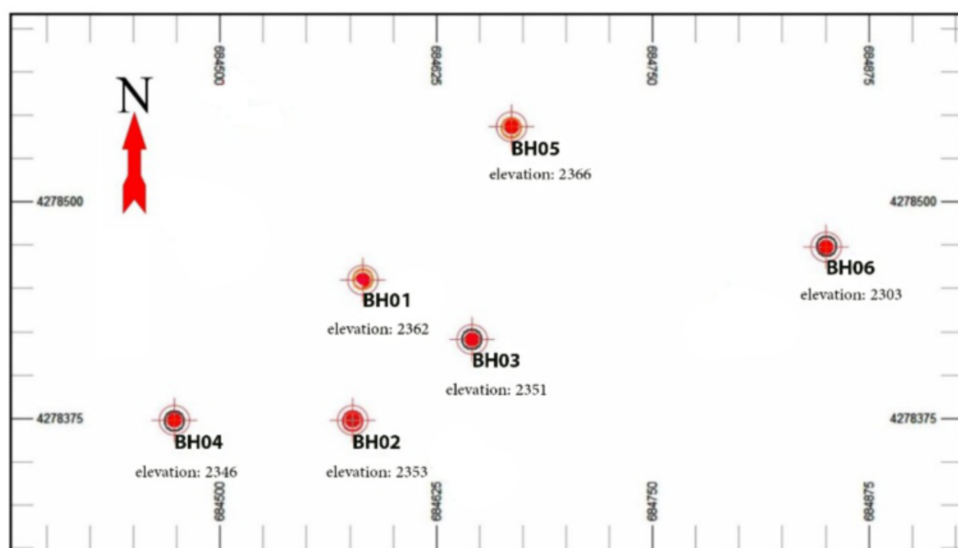
هاله‌های زمین‌شیمیایی اولیه در بالا و پایین توده‌های کانساری در اثر ورود و یا باز توزیع برخی از عناصر و در نتیجه، غنی شدگی و یا تهی‌شدگی آنها تشکیل می‌شوند [۲۳]. در بحث‌های اکتشافی، منطقه‌بندی محوری (قائم) هاله‌های زمین شیمیایی اولیه بدلیل ارتباط با راستای جریان محلول‌های کانه‌دار [۲۵،۲۴] و در واقع منطقه‌بندی در نهشت عناصر بسیار مهم است. در این بررسی‌ها، اگر ترکیبی از مقادیر یک گروه از عناصر شاخص (عناصری که در توالی منطقه‌بندی در جایگاه‌های آغازی و یا پایانی قرار می‌گیرند) بجای یک عنصر ویژه بکار گرفته شوند، هاله‌های زمین شیمیایی پیرامون توده‌های کانساری بهتر مشخص می‌شوند، زیرا هاله‌های مرکب به مراتب بزرگتر از هاله‌های تک عنصری هستند و آثار خطای تصادفی در آنها به کمترین مقدار می‌رسد. در بررسی‌های آماری، تعیین مقادیر هاله‌های مرکب به دو صورت ترکیب جمعی و ضربی انجام می‌شود. اغلب با توجه به ضروری نبودن تعیین مقدار زمینه و صرف وقت در روش هاله‌های مرکب ضربی، روش ضربی به روش هاله‌های مرکب جمعی ترجیح داده می‌شود. اگر سطح فرسایش کنونی در بالای سطح کانی‌سازی پنهانی قرار داشته باشد، هاله‌های عناصر رو کانساری ممکن است خود را به سطح برسانند، ولی چنانچه کل ذخیره موجود پیشتر استخراج شده و یا فرسایش یافته باشد، فقط هاله‌های عناصر زیر کانساری دیده و ثبت می‌شوند که چنین ناهنجاری‌هایی در عمل بی اهمیت هستند [۲۷،۲۶] و در حالت بینابینی، هر دو هاله رو و زیر کانساری ثبت می‌شوند. در این کانسار بر اساس محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن (جدول ۳) بر پایه یافته-

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]
[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]
[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]

های مغزه‌های حفاری که موقعیت مکانی گمانه‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است، عنصر مس با نقره دارای همبستگی بسیار خوب و با عناصر طلا و نیکل دارای همبستگی خوب بوده و به طور مشابه، عنصر روی با عناصر سرب و کادمیوم دارای همبستگی خوب است. همچنین بر اساس تجزیه و تحلیل خوشه‌ای یافته‌های عمقی و بر پایه رده‌بندی عناصر بصورت خوشه‌هایی با بیشترین تشابه ممکن درون‌گروهی و بیشترین اختلاف میان‌گروهی و در نتیجه تعیین عناصر رو و زیر کانساری، عناصر شاخص در اسکارن گودال به دو خوشه کلی قابل تفکیک هستند. با مقایسه این عناصر با توالی استاندارد عناصر در منطقه‌بندی محوری، می‌توان آنها را به دو گروه عناصر رو کانساری و زیر کانساری تفکیک نمود (شکل ۶).

جدول ۳ ضریب همبستگی اسپیرمن برای عناصر مهم و کانسنگی در کانسار اسکارنی گودال.

	Au	Ag	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cu	Fe	Mo	Ni	Pb	Sb	W	Zn
Au	۱	۰٫۷۶	۰٫۰۳۶	-۰٫۲۶	۰٫۳۶۶	۰٫۱۶۵	۰٫۰۸۳	۰٫۷۹۸	۰٫۳۱۳	۰٫۲۲۳	۰٫۵۰۱	-۰٫۱۲۵	۰٫۰۸	۰٫۲۶	-۰٫۱۱۶
Ag	۰٫۷۶	۱	-۰٫۰۴۳	-۰٫۲۹۷	۰٫۲۸۱	۰٫۳۲۵	۰٫۰۶۱	۰٫۹۵۲	۰٫۳۲۶	۰٫۱۸۲	۰٫۶۰۴	۰٫۱۰۲	۰٫۳۰۴	۰٫۲۰۵	۰٫۱۰۸
As	۰٫۰۳۶	-۰٫۰۴۳	۱	۰٫۲۴	۰٫۱۱۹	-۰٫۱۲۷	-۰٫۰۱۶	۰٫۰۲۳	۰٫۱	۰٫۰۱۵	۰٫۰۲۱	-۰٫۱۷	۰٫۱۵۸	۰٫۴۹۸	-۰٫۱۰۴
Ba	-۰٫۲۶۲	-۰٫۲۹۷	۰٫۲۴	۱	-۰٫۰۸	۰٫۰۹۷	۰٫۱۲۶	-۰٫۲۸	-۰٫۴۸	-۰٫۰۶	-۰٫۰۲	۰٫۱۴۶	۰٫۲۲۲	-۰٫۱۶	۰٫۳۵۵
Bi	۰٫۳۶۶	۰٫۲۸۱	۰٫۱۱۹	-۰٫۰۸	۱	-۰٫۲۴	۰٫۱۲۸	۰٫۲۵	۰٫۳۶۶	-۰٫۱۶	-۰٫۰۷	-۰٫۰۵	۰٫۲۰۱	۰٫۱۱۱	-۰٫۲
Cd	۰٫۱۶۵	۰٫۳۲۵	-۰٫۱۲۷	۰٫۰۹۷	-۰٫۲۴	۱	۰٫۱۶۷	۰٫۳۰۹	-۰٫۲۶۴	-۰٫۱۲	۰٫۴۴	۰٫۴۶۸	۰٫۱۹۷	-۰٫۲۹۵	۰٫۷۹۶
Co	۰٫۰۸۳	۰٫۰۶۱	-۰٫۰۱۶	۰٫۱۲۶	۰٫۱۲۸	۰٫۱۶۷	۱	۰٫۰۴۸	۰٫۰۲۹	۰٫۰۸۵	۰٫۱۱۵	۰٫۱۰۸	۰٫۱	-۰٫۱۶۴	۰٫۲۲۵
Cu	۰٫۷۹۸	۰٫۹۵۲	۰٫۰۲۳	-۰٫۲۸	۰٫۲۵	۰٫۳۰۹	۰٫۰۴۸	۱	۰٫۳۵۵	۰٫۲۰۵	۰٫۶۲۹	۰٫۰۰۱	۰٫۲۷۲	۰٫۲۵	۰٫۰۶۹
Fe	۰٫۳۱۳	۰٫۳۲۶	۰٫۱	-۰٫۴۸	۰٫۳۶۶	-۰٫۲۶۴	۰٫۰۲۹	۰٫۳۵۵	۱	۰٫۱	-۰٫۰۵۵	-۰٫۲۵	۰٫۰۳	۰٫۵۱۶	-۰٫۳۶۷
Mo	۰٫۲۲۳	۰٫۱۸۲	۰٫۰۱۵	-۰٫۰۶	-۰٫۱۶	-۰٫۱۲	۰٫۰۸۵	۰٫۲۰۵	۰٫۱	۱	۰٫۱۵۸	-۰٫۲۳۳	-۰٫۳۳۹	۰٫۳۵۱	-۰٫۲۶۲
Ni	۰٫۵۰۱	۰٫۶۰۴	۰٫۰۲۱	-۰٫۰۲	-۰٫۰۷	۰٫۴۴	۰٫۱۱۵	۰٫۶۲۹	-۰٫۰۵۵	۰٫۱۵۸	۱	۰٫۰۵	۰٫۳۳۵	-۰٫۰۴۴	۰٫۳۳۲
Pb	-۰٫۱۲۵	۰٫۱۰۲	-۰٫۱۷	۰٫۱۴۶	-۰٫۰۵	۰٫۴۶۸	۰٫۱۰۸	۰٫۰۰۱	-۰٫۲۵	-۰٫۲۳۳	۰٫۰۵	۱	۰٫۳۰۳	-۰٫۳۰۷	۰٫۶۱۵
Sb	۰٫۰۸	۰٫۳۰۴	۰٫۱۵۸	۰٫۲۲۲	۰٫۲۰۱	۰٫۱۹۷	۰٫۱	۰٫۲۷۲	۰٫۰۳	-۰٫۳۳۹	۰٫۳۳۵	۰٫۳۰۳	۱	-۰٫۲۴۳	۰٫۴۰۶
W	۰٫۲۶	۰٫۲۰۵	۰٫۴۹۸	-۰٫۱۶	۰٫۱۱۱	-۰٫۲۹۵	-۰٫۱۶۴	۰٫۲۵	۰٫۵۱۶	۰٫۳۵۱	-۰٫۰۴۴	-۰٫۳۰۷	-۰٫۲۴۳	۱	-۰٫۴۴۹
Zn	-۰٫۱۱۶	۰٫۱۰۸	-۰٫۱۰۴	۰٫۳۵۵	-۰٫۲	۰٫۷۹۶	۰٫۲۲۵	۰٫۰۶۹	-۰٫۳۶۷	۰٫۲۶۲	۰٫۳۳۲	۰٫۶۱۵	۰٫۴۰۶	-۰٫۴۴۹	۱



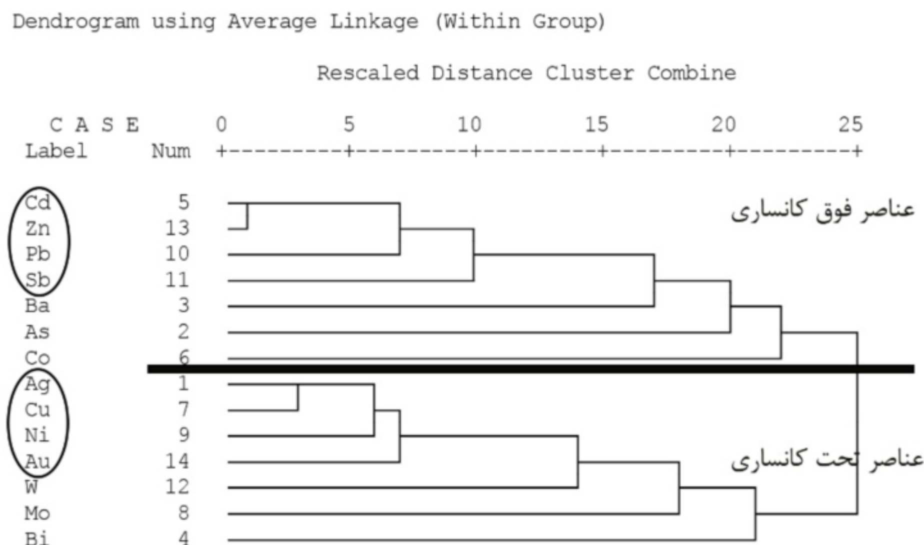
شکل ۵ جایگاه گمانه‌های بررسی شده و ارتفاع دهانه آنها (از سطح دریا) در کانسار اسکارنی گودال.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]
[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]
[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]

[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]

[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]



شکل ۶ ساختار خوشه‌ای برآمده از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای بر اساس یافته‌های به دست آمده از مغزه‌های حفاری در اسکارن گودال.

بر این اساس در خوشه عناصر رو کانساری، عناصر کادمیوم و روی با هم دارای همبود بسیار خوب و با عناصر سرب و آنتیموان دارای همبود خوب هستند، در حالیکه در خوشه عناصر زیر کانساری، عناصر نقره و مس با هم همبود بسیار خوب و با عناصر نیکل و طلا همبود خوب دارند.

در این پژوهش، از آنجا که عناصر روی و کادمیوم همریخت هستند و عنصر طلا در برخی افق‌ها دارای مقادیر غیر قابل اندازه‌گیری است، کادمیوم و طلا از گروه عناصر رو کانساری و زیر کانساری کنار گذاشته شد و براساس جدول ۴، هاله ضربی عناصر رو کانساری Pb×Zn×Sb (شکل ۷) و هاله ضربی عناصر زیر کانساری Cu×Ag×Ni (شکل ۸) برای هر شش گمانه رسم گردید.

بر این اساس، برای هاله‌های مرکب رو کانساری در هر ۶ گمانه مورد بررسی، یک روند کاهشی از سطح به سمت عمق وجود دارد. با توجه به نتایج به دست آمده از ۱۰ متر نخست گمانه که بعنوان نمونه سطحی کانسار در نظر گرفته شده است، کمترین مقدار این هاله مربوط به گمانه BH04 (۲۰۴۱) و بیشترین مقدار آن مربوط به گمانه‌های BH03 (۳۰۹۸۲٫۵) و BH01 (۲۳۶۹۱٫۹) است. البته در گمانه BH06 در افق‌های ۳۰ تا ۶۰ متر (۲۳۲۲۹٫۸، ۶۷۳۵۵٫۴، ۱۹۲۵۱٫۷، ۲۵۱۲۱)، مقادیر بالایی به دست آمد که می‌تواند نشاندهنده هاله‌های بزرگتر عناصر رو کانساری در افق‌های پایین‌تر موقعیت این گمانه باشد. این یافته‌ها می‌توانند نشانگر نزدیک به سطح بودن توده کانساری در جنوب غربی منطقه و افزایش مقدار باطله رویی به سمت شمال شرق منطقه باشند.

بر اساس هاله‌های مرکب زیر کانساری، بجز گمانه BH04 که برای آن در نزدیک سطح و چند افق در اعماق پائین‌تر مقادیر بالایی از هاله زیر کانساری وجود دارد، در بقیه گمانه‌ها از سطح به طرف عمق یک روند افزایشی وجود دارد و نشانگر بالا بودن میزان کانه‌زایی مس در افق‌های پایین‌تر است. با توجه به نتایج به دست آمده از ۱۰ متر نخست گمانه‌ها، کمترین مقدار هاله مرکب زیر کانساری مربوط به گمانه‌های BH06 (۱۷۹) و BH05 (۸۷۳) و بیشترین مقدار آن مربوط به گمانه-های BH04 (۱۲۴۰۱۲۷) و BH02 (۱۱۳۴۴۵۶٫۶) است. این یافته‌ها نیز نشاندهنده موقعیت نزدیک به سطح توده کانساری در جنوب غربی منطقه در مقایسه با شمال شرق منطقه است.

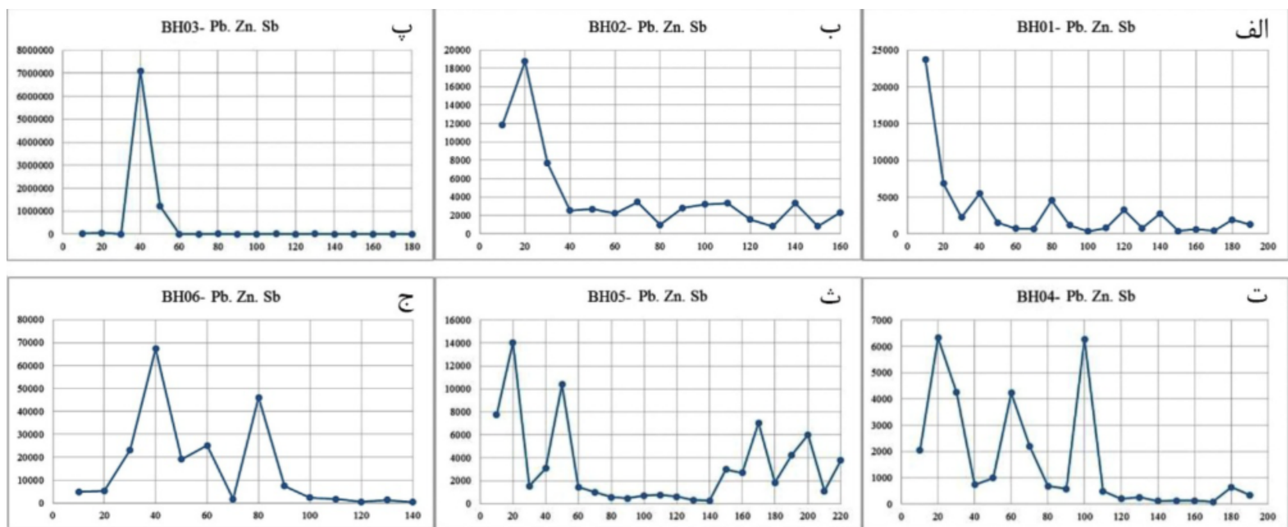
بر اساس یافته‌های مربوط به هاله‌های مرکب رو کانساری و زیر کانساری، می‌توان گفت که عملکرد فرسایش برای توده کانساری در بخش شمال شرقی کانسار در مقایسه با بخش جنوب غربی آن کم ژرفاتر بوده است. به این ترتیب، در جنوب غربی منطقه گودال، با وجود عملکرد فرسایش، هر دو هاله رو کانساری و زیر کانساری حضور دارند و توده کانساری در سطح و یا نزدیک به سطح کنونی واقع است.

افزون بر بررسی جداگانه هاله‌های رو و زیر کانساری، از مهمترین معیارهای عملکرد فرسایش در توده کانساری، بررسی شاخص منطقه‌بندی یا نسبت هاله‌های مرکب رو کانساری به هاله‌های زیر کانساری است که این روش برای نخستین بار توسط سولواو ارائه شد [۲۳].

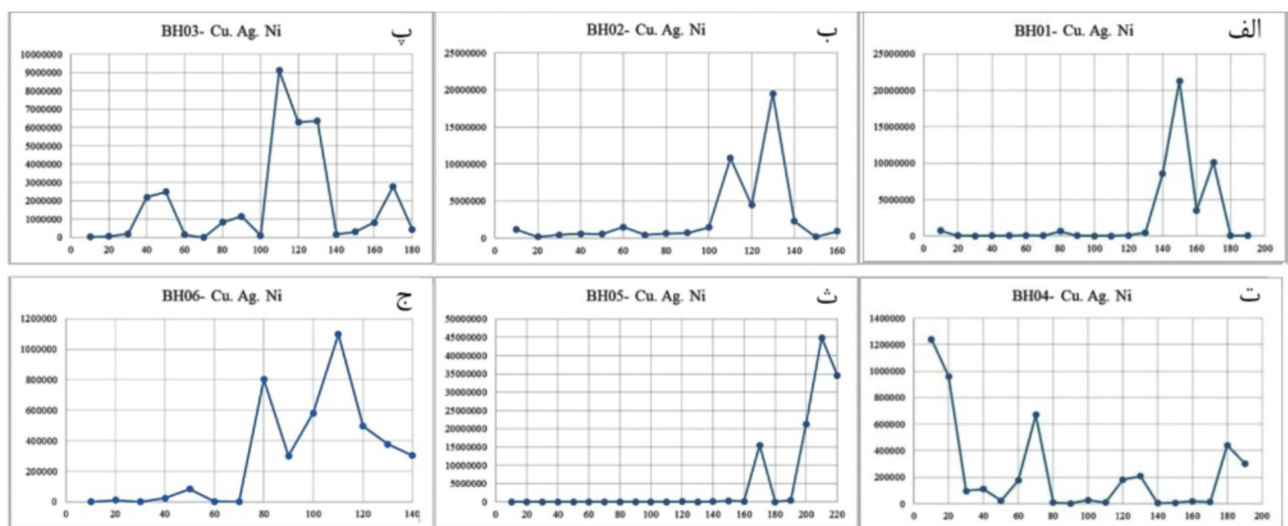
جدول ۴ مقادیر هاله‌های عناصر رو و زیر کانساری و شاخص منطقه‌بندی بر اساس تغییرات عمقی در اسکارن گودال

نمونه	Pb. Zn. Sb	Cu. Ag. Ni	Pb. Zn. Sb/ Cu. Ag. Ni	نمونه	Pb. Zn. Sb	Cu. Ag. Ni	Pb. Zn. Sb/ Cu. Ag. Ni
BH ۱-۱۰	۲۳۶۹۱٫۹	۷۲۱۱۰۵	۰٫۰۳۲۸۵۵	BH۴-۲۰	۶۳۲۵٫۶	۹۶۱۵۱۱	۰٫۰۰۶۵۷۹
BH ۱-۲۰	۶۸۵۹٫۳	۲۸۹۲۳	۰٫۲۳۷۱۵۸	BH۴-۳۰	۴۲۴۴٫۸	۹۵۷۰۹٫۷	۰٫۰۴۴۳۵۱
BH ۱-۳۰	۲۲۵۲٫۴	۱۳۱۲٫۶	۱٫۷۱۵۹۴۳	BH۴-۴۰	۷۳۶	۱۱۰۹۸۲٫۵	۰٫۰۰۶۶۳۲
BH ۱-۴۰	۵۴۸۵٫۳	۳۴۵۲۷٫۶	۰٫۱۵۸۸۶۷	BH۴-۵۰	۹۸۹٫۷	۲۴۳۷۲٫۲	۰٫۰۴۰۶۰۷
BH ۱-۵۰	۱۵۳۲٫۳	۴۴۶۴۶	۰٫۰۳۴۳۲۱	BH۴-۶۰	۴۲۲۷	۱۷۴۷۷۸٫۳	۰٫۰۲۴۱۸۵
BH ۱-۶۰	۷۳۰	۷۸۸۳۰	۰٫۰۰۹۲۵۹	BH۴-۷۰	۲۱۹۰٫۶	۶۷۱۳۷۸٫۵	۰٫۰۰۳۲۶۳
BH ۱-۷۰	۷۰۵٫۳	۲۸۳۹۲٫۴	۰٫۰۲۴۸۴	BH۴-۸۰	۶۷۸٫۶	۸۵۹۸٫۲	۰٫۰۷۸۹۱۸
BH ۱-۸۰	۴۵۴۴٫۱	۶۴۵۷۵۷	۰٫۰۰۷۰۳۷	BH۴-۹۰	۵۷۱٫۵	۳۲۸۲٫۲	۰٫۱۷۴۱۲
BH ۱-۹۰	۱۲۰۰	۵۵۱۱۵	۰٫۰۲۱۷۷۳	BH۴-۱۰۰	۶۲۷۱	۲۸۰۴۱٫۳	۰٫۲۲۳۶۳۳
BH ۱-۱۰۰	۳۲۹٫۸	۵۰۴۹٫۸	۰٫۰۶۵۳۱۳	BH۴-۱۱۰	۴۸۷	۸۳۷۴٫۲	۰٫۰۵۸۱۵۶
BH ۱-۱۱۰	۷۹۰٫۳	۱۱۴۹	۰٫۶۸۷۶۹۷	BH۴-۱۲۰	۱۹۷	۱۸۱۰۹۱	۰٫۰۰۱۰۸۷
BH ۱-۱۲۰	۳۲۵۷٫۷	۸۳۳۶۴	۰٫۰۳۹۰۷۸	BH۴-۱۳۰	۲۴۴	۲۰۷۸۶۹	۰٫۰۰۱۱۷۴
BH ۱-۱۳۰	۷۷۴٫۵	۴۶۷۶۷۷٫۴	۰٫۰۰۱۶۵۶	BH۴-۱۴۰	۱۰۹	۵۰۴۴	۰٫۰۲۱۶۰۸
BH ۱-۱۴۰	۲۷۳۹	۸۵۷۷۰۱۸٫۷	۰٫۰۰۰۳۱۹	BH۴-۱۵۰	۱۲۲	۷۶۱۶	۰٫۰۱۶۰۳۵
BH ۱-۱۵۰	۳۹۷٫۶	۲۱۲۸۳۴۱۲٫۷	۰٫۰۰۰۰۱۹	BH۴-۱۶۰	۱۲۲	۱۸۶۰۴٫۷	۰٫۰۰۶۵۵۱
BH ۱-۱۶۰	۵۹۳٫۵	۳۵۱۹۱۳۱	۰٫۰۰۰۱۶۹	BH۴-۱۷۰	۸۳	۱۲۴۴۰٫۷	۰٫۰۰۶۶۶۱
BH ۱-۱۷۰	۴۱۷٫۸	۱۰۱۲۳۲۱۰	۰٫۰۰۰۰۴۱	BH۴-۱۸۰	۶۳۵٫۴	۴۴۰۳۷۱٫۵	۰٫۰۰۱۴۴۳
BH ۱-۱۸۰	۱۹۲۲	۴۴۰۸۷٫۸	۰٫۰۴۳۵۹۲	BH۴-۱۹۰	۳۳۹	۳۰۲۶۰۴٫۳	۰٫۰۰۱۱۲
BH ۱-۱۹۰	۱۲۶۲	۲۶۱۳۲	۰٫۰۴۸۲۹۱	BH۵-۱۰	۷۷۳۰٫۶	۸۷۳	۸٫۸۴۵۷۲۶
BH۲-۱۰	۱۱۸۶۴٫۴	۱۱۳۴۴۵۶٫۶	۰٫۰۱۰۴۵۸	BH۵-۲۰	۱۴۰۳۰٫۴	۱۰۲۱٫۵	۱۳٫۷۳۴۷۴۷
BH۲-۲۰	۱۸۷۶۴	۱۷۲۸۳۷٫۶	۰٫۱۰۸۵۶۵	BH۵-۳۰	۱۵۳۵	۱۰۱۷٫۷	۱٫۵۰۸۳۸
BH۲-۳۰	۷۶۷۰	۴۵۴۴۹۲	۰٫۰۱۶۸۷۶	BH۵-۴۰	۳۰۸۹	۱۹۷۴۷٫۳	۰٫۱۵۶۴۱۸
BH۲-۴۰	۲۵۲۷٫۷	۵۶۹۷۵۴	۰٫۰۰۴۴۳۷	BH۵-۵۰	۱۰۳۸۴٫۶	۶۱۳۹٫۵	۱٫۶۹۱۴۵۱
BH۲-۵۰	۲۶۹۰٫۶	۵۴۳۱۳۶	۰٫۰۰۴۹۵۴	BH۵-۶۰	۱۴۴۸٫۵	۲۹۴۶۲٫۲	۰٫۰۴۹۱۶۴
BH۲-۶۰	۲۲۰۴٫۸	۱۴۸۵۵۰۵٫۵	۰٫۰۰۱۴۸۴	BH۵-۷۰	۹۹۸٫۳	۵۴۱۳	۰٫۱۸۴۴۲۱
BH۲-۷۰	۳۴۴۵٫۶	۴۱۹۷۵۲	۰٫۰۰۸۲۰۹	BH۵-۸۰	۵۶۵	۱۲۱۳	۰٫۴۶۵۶۶
BH۲-۸۰	۹۵۵٫۲	۶۱۶۲۰۶	۰٫۰۰۱۵۵۰	BH۵-۹۰	۴۵۶	۱۵۷٫۳	۲٫۸۹۸۱۸۳
BH۲-۹۰	۲۸۰۳٫۵	۶۹۴۷۶۲	۰٫۰۰۴۰۳۵	BH۵-۱۰۰	۷۰۲٫۲	۲۳۹	۲٫۹۳۹۸۳
BH۲-۱۰۰	۳۲۰۷٫۴	۱۴۴۷۰۴۱	۰٫۰۰۲۲۱۶	BH۵-۱۱۰	۷۵۶٫۶	۷۷۸٫۶	۰٫۹۷۱۶۵۴
BH۲-۱۱۰	۳۳۲۶٫۷	۱۰۷۹۳۱۲۴	۰٫۰۰۰۳۰۸	BH۵-۱۲۰	۵۹۷	۶۲۶۴۴	۰٫۰۰۹۵۳۲
BH۲-۱۲۰	۱۵۴۵٫۷	۴۴۵۹۷۰۸	۰٫۰۰۰۳۴۷	BH۵-۱۳۰	۳۱۸٫۴	۲۸۶۷۷	۰٫۰۱۱۱۰۲
BH۲-۱۳۰	۸۰۰٫۲	۱۹۵۱۹۸۲۳	۰٫۰۰۰۰۴۱	BH۵-۱۴۰	۲۷۳٫۴	۳۸۲۸۱٫۳	۰٫۰۰۷۱۴۳
BH۲-۱۴۰	۳۳۱۴٫۸	۲۲۹۶۷۱۱٫۵	۰٫۰۰۱۴۴۳	BH۵-۱۵۰	۲۹۹۳	۲۷۰۸۳۳٫۶	۰٫۰۱۱۰۵۱
BH۲-۱۵۰	۷۹۷٫۷	۱۸۲۳۰۹٫۵	۰٫۰۰۴۳۷۵	BH۵-۱۶۰	۲۶۷۷	۱۱۴۳۸۱٫۳	۰٫۰۲۳۴۰۶
BH۲-۱۶۰	۲۳۱۹٫۷	۹۳۲۳۷۹	۰٫۰۰۲۴۸۸	BH۵-۱۷۰	۷۰۱۴	۱۵۴۷۹۰۷۳	۰٫۰۰۰۴۵۳
BH۳-۱۰	۳۰۹۸۲٫۵	۲۵۶۶۸٫۶	۱٫۲۰۷۰۲۲	BH۵-۱۸۰	۱۸۴۰٫۴	۸۸۱۹٫۵	۰٫۲۰۸۶۷
BH۳-۲۰	۵۲۲۸۶	۶۹۸۶۷	۰٫۷۴۸۳۶۸	BH۵-۱۹۰	۴۲۴۵	۴۷۲۰۰۲	۰٫۰۰۸۹۹۳
BH۳-۳۰	۵۷۴۷٫۸	۲۰۶۶۴۱٫۶	۰٫۰۲۷۸۱۵	BH۵-۲۰۰	۵۹۸۹	۲۱۲۲۸۹۲۷	۰٫۰۰۰۲۸۲
BH۳-۴۰	۷۰۹۹۹۸۲	۲۲۰۲۹۹۴	۳٫۲۲۲۸۷۸	BH۵-۲۱۰	۱۰۹۴٫۳	۴۴۸۷۳۴۲۰	۰٫۰۰۰۰۲۴
BH۳-۵۰	۱۲۱۸۶۱۶	۲۴۸۲۷۰۱	۰٫۴۹۰۸۴۳	BH۵-۲۲۰	۳۷۷۴٫۲	۳۴۶۲۸۴۶۷	۰٫۰۰۰۱۰۹
BH۳-۶۰	۳۸۱۵٫۲	۱۵۶۸۹۱٫۴	۰٫۰۲۴۳۱۸	BH۶-۱۰	۴۹۴۷	۱۷۹	۲۷٫۶۳۸۰۵۲
BH۳-۷۰	۲۱۱۹	۱۳۹۲	۱٫۵۲۲۴۳۹	BH۶-۲۰	۵۳۴۸	۱۱۹۳۶	۰٫۴۴۸۰۷۵
BH۳-۸۰	۲۱۲۴۳	۸۳۳۰۵۸	۰٫۰۲۵۵	BH۶-۳۰	۲۳۲۲۹٫۸	۱۱۲	۲۰۷٫۴۲۰۳۱۵
BH۳-۹۰	۲۹۹۰	۱۱۵۵۳۴۷	۰٫۰۰۲۵۸۸	BH۶-۴۰	۶۷۳۵۵٫۴	۲۳۷۲۲	۲٫۸۳۹۳۵۹
BH۳-۱۰۰	۷۹۲۶	۱۱۵۷۸۶	۰٫۰۶۸۴۵۱	BH۶-۵۰	۱۹۲۵۱٫۷	۸۳۵۲۹	۰٫۲۳۰۴۸
BH۳-۱۱۰	۲۰۹۷۴	۹۱۲۳۱۱۰	۰٫۰۰۲۲۹۹	BH۶-۶۰	۲۵۱۲۱	۱۶۱۸٫۲	۱۵٫۵۲۴۲۲
BH۳-۱۲۰	۲۱۶۴	۶۲۹۸۲۵۲	۰٫۰۰۰۳۴۴	BH۶-۷۰	۱۸۳۸٫۶	۱۰۴	۱۷٫۶۸۶۲۷۸
BH۳-۱۳۰	۱۳۲۷۱٫۵	۶۳۷۱۲۲۸	۰٫۰۰۲۰۸۳	BH۶-۸۰	۴۶۰۹۶٫۴	۸۰۳۰۷۴	۰٫۰۵۷۴
BH۳-۱۴۰	۷۸۱	۱۷۱۹۰۷٫۳	۰٫۰۰۴۵۴۴	BH۶-۹۰	۷۵۵۸	۳۰۰۲۵۲٫۲	۰٫۰۲۵۱۷۲
BH۳-۱۵۰	۳۸۸	۳۰۴۱۶۴	۰٫۰۰۱۲۷۶	BH۶-۱۰۰	۲۳۸۸	۵۸۲۶۹۶	۰٫۰۰۴۰۹۸
BH۳-۱۶۰	۳۰۰۸	۸۱۰۴۸۰	۰٫۰۰۳۷۱۲	BH۶-۱۱۰	۱۸۲۴٫۴	۱۰۹۸۸۶۵	۰٫۰۰۱۶۶
BH۳-۱۷۰	۶۶۲٫۵	۲۷۷۷۷۶۸	۰٫۰۰۰۲۳۹	BH۶-۱۲۰	۵۷۴٫۵	۴۹۶۸۶۴٫۶	۰٫۰۰۱۱۵۶
BH۳-۱۸۰	۲۶۲۰	۴۴۱۴۳۷	۰٫۰۰۵۹۳۶	BH۶-۱۳۰	۱۴۰۱	۳۷۷۴۶۴٫۶	۰٫۰۰۳۷۱۱
BH۴-۱۰	۲۰۴۲	۱۲۴۰۱۲۷	۰٫۰۰۱۶۴۷	BH۶-۱۴۰	۴۹۴٫۶	۳۰۲۹۲۱٫۲	۰٫۰۰۱۶۳۳

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]
[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]
[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]



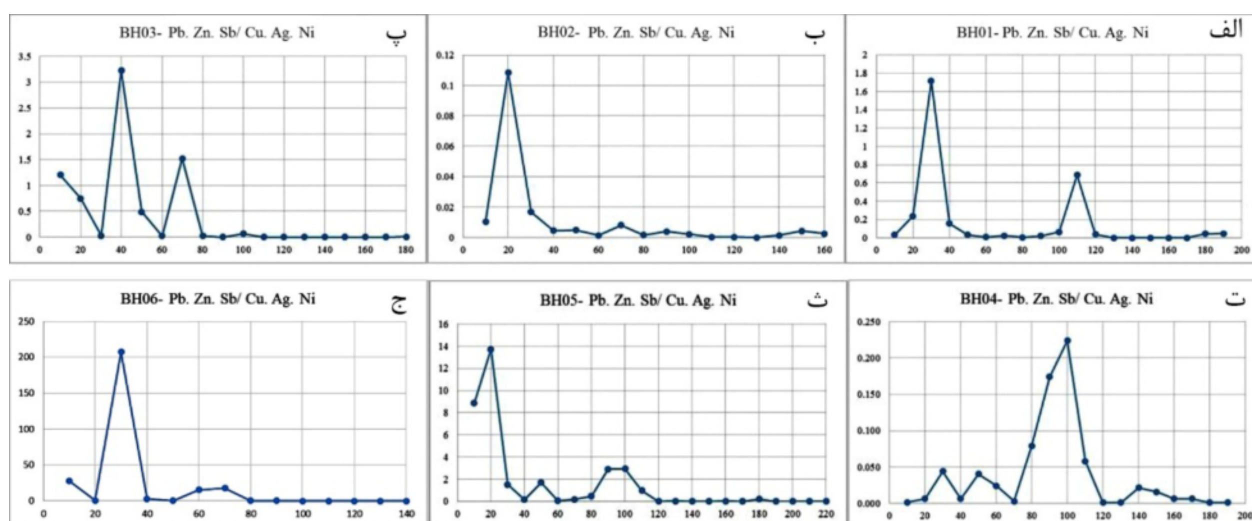
شکل ۷ تغییرات هاله مرکب ضربی عناصر رو کانساری نسبت به عمق در اسکارن گودال: الف- گمانه BH01 ، ب- گمانه BH02 ، پ- گمانه BH03 ، ت- گمانه BH04، ث- گمانه BH05 و ج- گمانه BH06.



شکل ۸ تغییرات هاله مرکب ضربی عناصر تحت کانساری نسبت به عمق در اسکارن گودال: الف- گمانه BH01، ب- گمانه BH02، پ- گمانه BH03، ت- گمانه BH04، ث- گمانه BH05 و ج- گمانه BH06.

بر اساس تغییرات شاخص منطقه‌بندی در هر ۶ گمانه مورد بررسی (شکل ۹ و جدول ۴)، یک روند کلی کاهشی از سطح به طرف عمق وجود دارد. با محاسبه این شاخص برای ۱۰متر نخست گمانه‌ها، کمترین مقدار برای گمانه‌های BH04 (۰/۰۰۱۶)، BH01 (۰/۰۳)، BH02 (۰/۰۱) و بیشترین مقدار برای گمانه‌های BH06 (۲۷/۶۳) و BH05 (۸/۸۴) به دست آمد و مقدار متوسط مربوط به گمانه BH03 (۱/۲۰) است. از این رو، با توجه به مقادیر شاخص منطقه‌بندی و سطح کنونی فرسایش می‌توان گفت که دهانه چاه‌های BH01، BH02 و BH04 در جایگاه توده کانساری، گمانه BH03 در موقعیت بالای توده کانساری و گمانه‌های BH05 و BH06 در موقعیت بالاتر از پهنه کانه‌زایی واقع هستند. این بدین معنی است که عملکرد فرسایش در جنوب غرب کانسار منجر به قرارگیری توده کانساری در سطح فرسایش کنونی شده، در حالیکه توده کانساری در بخش شمال شرقی کانسار به صورت کانی‌سازی پنهان است. همچنین با توجه به مقادیر شاخص منطقه‌بندی برای افق‌های مختلف گمانه‌های حفر شده و با در نظر گرفتن تراز ارتفاعی دهانه گمانه‌ها، می‌توان کانه‌زایی در اسکارن گودال را بصورت یک توده کانساری با راستای شیب به سمت شمال شرق در نظر گرفت.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]
[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]
[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]



شکل ۹ تغییرات شاخص منطقه بندی Pb. Zn. Sb/ Cu. Ag. Ni نسبت به عمق در کانسار اسکارنی گودال الف- گمانه BH01 ب- گمانه BH02 پ- گمانه BH03 ت- گمانه BH04 ث- گمانه BH05 ج- گمانه BH06

برداشت

کانه‌زایی در اسکارن مس گودال بیشتر در پهنه اگزواسکارن و بصورت کانه‌های اولیه مگنتیت، اسپیکولاریت، پیریت، کالکوپیریت و مولیبدنیت در مراحل پایانی اسکارن دگرنهاده پیشرونده و اسکارن پسرونده آغازین رخ داده است. پهنه‌های کانه‌زایی در سطح زمین در اثر فرآیندهای برونزاد، توسط کانه-های مالاکیت، آزوریت، هماتیت ثانویه و هیدروکسیدهای آهن جانشین شده‌اند. بررسی‌های عمقی انجام شده نشانگر فراوانی کانه‌های اکسیدی آهن (مگنتیت- اسپیکولاریت) در سطح و افق نزدیک سطحی هستند که به طرف مرز تماس توده نفوذی، از میزان کانه‌زایی اکسیدی کاسته شده و بر مقدار کانه‌های سولفیدی (پیریت- کالکوپیریت- مولیبدنیت) افزوده شده است. بر اساس بررسی‌های آماری انجام شده برای این کانسار، عنصر مس با عناصر نقره، طلا و نیکل دارای همبستگی بالایی است و بعنوان همبرزایی عنصری در توده کانساری بشمار می‌آید. بررسی هاله‌های مرکب ضربی برای عناصر رو و زیر کانساری نشاندهنده هاله‌های بزرگتر و عناصر رو کانساری در افق‌های سطحی و هاله‌های بزرگتر عناصر زیر کانساری در افق‌های پایینی و فرسایش نیافتن و از بین نرفتن توده کانساری است. به این ترتیب، عملکرد فرسایش در جنوب غربی کانسار موجب قرارگیری کانه‌زایی در سطح کنونی و یا نزدیک آن شده است ولی به سمت شمال شرق، توده کانساری شواهد کانی‌سازی پنهانی را نشان می‌دهد.

مراجع

[1] Hassanpour Sh., Rasa A., *"Investigating of the reasons for the non-economic nature of Gowdal skarn deposit (in Persian)"*, 21th Conference of Earth Science, Geological Survey of Iran (2002).

[2] Zarisfi A., *"Economic Geology investigation of skarn deposit in Gowdal area (Ahar) (in Persian)"*, M.Sc. Thesis, Tabriz University (2002) 118p.

[3] Mollai H., Sharma R., Pe-Piper G, *"Copper mineralization around the Ahar Batholith, north of Ahar (NW Iran): evidence for fluid evolution and the origin of the skarn ore deposit"*, Ore Geology Reviews 35 (2009) 401-414.

[4] Gharesi M., Rasa A., Yazdi M., *"Investigation of Mazraeh Skarn mineralization, North of Ahar, with an emphasis on fluid inclusion studies (in Persian)"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 26 (1) (2018) 229-244.

[5] Sohrabi Gh., Hossinzadeh M. R., Calagari A. A., Hajalilou B., *"Study of Mo Mineralization in Garedagh (Ordobad)- Shivardagh strip with Emphasis on Alteration, Petrology and Geochemistry of host Intrusive bodies (Northwest of Iran) (in Persian)"*, GEOSCIENCES 24 (95) (2015) 243-259.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]
[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]
[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]

Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting", Geodinamica Acta 14 (2001) 177-195.

[17] Hassanpour Sh., Rasa A., Heydari M., Moayyed M., *"Geology, alteration and mineralization in the Haft-Cheshmeh Cu- Mo porphyry deposit"*, Journal of Earth Sciences 4 (15) (2010) 15- 28.

[18] Moritz R., Johannes M., Maria O., Dave S., Massimo Ch., Nino P., Vladimer G., Ramaz M., Rafael M., Rodrig T., Arman V., Samvel H., Vagif F., Mamoy M., *"Major Cu, Au and Mo deposits of the Lesser Caucasus: products of diverse geodynamic settings"*, Swiss Geoscience Meeting, Symposium 2: Mineralogy–Petrology–Geochemistry 2 (16) (2011) 3-4.

[19] Jamali H., Yaghubpur A., Mehrabid B., Dilek Y., Daliran F., Meshkani, S. A., *"Petrogenesis and tectono-magmatic setting of Meso- Cenozoic magmatism in Azerbaijan province, Northwestern Iran"*, Petrology, New Perspectives and Applications INTECH, Croatia (2012) 39-56.

[20] Glennie K. W., *"Cretaceous tectonic evolution of Arabia's eastern plate margin: a tale of two oceans in Middle East, models of Jurassic/ Cretaceous carbonate systems"*, Society of Sedimentary Geology, Special Publications 69 (2000) 9-20.

[21] Mehrpartou M., Nazer Kh., "*Geological quadrangle map 1:100000 of Kaleybar"*, Geological survey& mineral exploration of Iran publications (1999).

[22] Aghazadeh M., Castro A., Badrzadeh Z., Vogt K., *"Post- collisional polycyclic plutonism from the Zagros hinterland: the Shaivar Dagh plutonic complex, Alborz belt, Iran"*, Geological Magazine Cambridge University Press (2011) 1-29.

[23] Hassani Pak A. A., *"Geochemical Exploration (Persian book)"*, 3rd Edition, Tehran University Publications (1998) 601p.

[24] Li H., Wang Z. N., Li F. G., *"Ideal models of superimposed primary halos in hydrothermal gold deposits"*, Journal of Geochemical Exploration, 55 (1) (1995) 329-336.

[25] Chen Y. Q., Zhao P. D., *"Zonation in Primary Halos and Geochemical Prospecting Pattern for the Guilaizhuang Gold Deposit,*

[6] Karimzadeh Somarin A. R., Radmard K., Calagari A. A., Moayyed, M., *"Investigation of Cu-Mo Skarn in Zand Abad (Northwest of Ahar) (in Persian)"*, 6th Symposium of Geological Society of Iran, Kerman, Iran (2002).

[7] Hosseinzadeh Gh., Calagari A. A., Malek Ghasemi F., Mojtahedi M., *"Economic Geology investigation of the Anjard Copper deposit (Northwest of Ahar) (in Persian)"*, 3th Symposium of Geological Society of Iran, Shiraz, Iran (1999).

[8] Ghalami Khezerlou F., Hosseinzadeh, Gh., Moayyed M., *"Study of Economic geology of base metals in Juyband skarn (North Ahar- East Azarbaijan) (in Persian)"*, 17th Conference of the Iranian Crystallography and Mineralogy Association (2009).

[9] Hassanpour Sh., *"The alteration, mineralogy and geochronology (SHRIMP U–Pb and 40Ar/39Ar) of copper-bearing Anjerd skarn, north of the Shayvar Mountain, NW Iran"*, International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch) springer, published online (2012).

[10] Mehrabi B., Masoodi F., Jamali H., Asgharzadeh Asl H., *"Petrography, Alteration and mineralization in Aq Daragh area (in Persian)"*, 17th Symposium of the Geological Society of Iran, Shahid Beheshti University, Tehran (2013).

[11] Hajalilou B., Dastar Sh., Ansari S., *"Investigation of mineralization and alteration zones in Ali Javad porphyry copper deposit (in Persian)"*, 17th Symposium of the Geological Society of Iran, Shahid Beheshti University, Tehran (2013).

[12] Bazin D., Hubner H., *"Copper deposits in Iran"*, Report No.13, Geological Survey of Iran (1969) 190 p.

[13] Alavi M., *"Sedimentary and structural characteristics of the Paleo- Thethys remnants in northeastern Iran"*, Geological Society of American Bulletin 103 (1991) 983-993.

[14] Ghorbani M., *"An Introduction to Economic Geology of Iran (Persian book)"*, Geological Survey of Iran (2002) 695p.

[15] United Nations, *"Geology and Mineral Resources of Azerbaijan"*, Atlas of mineral resources of the escap region 15 (2000) 216.

[16] Koçyigit A., Yilmaz A., Adamia S., Kuloshvili S., *"Neotectonics of East Anatolian*

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]

[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]

[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]

Eastern China", Nonrenewable Resources, 7(1) (1998) 37-44.

[26] Levinson A. A., *"Introduction to Exploration geochemistry"*, Applied publishing Ltd., Wilmcttc, USA, (1980) 924-939.

[27] Wang C., Deng J., Yang L., *"Application of primary geochemical halo to gold exploration at Xincheng gold deposit"*, China, Goldschmidt Conference Abstracts (2010).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-02-28]
[DOR: 20.1001.1.17263689.1400.29.2.3.2]
[DOI: 10.52547/ijcm.29.2.289]